

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TEMA:

**Estudio de factibilidad técnico-económico para la repotenciación
de la central híbrida térmica/fotovoltaica ISABELA – GALÁPAGOS.**

AUTORA

Mejía Solórzano, Heidy Milena

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

TUTOR:

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.

Guayaquil, Ecuador

3 de Septiembre del 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Mejía Solórzano, Heidy Milena**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**.

TUTOR

f. 

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D

Guayaquil, a los 03 del mes de septiembre del año 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Mejía Solórzano, Heidy Milena**

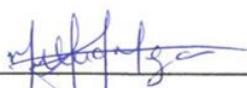
DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio de factibilidad técnico-económico para la repotenciación de la central híbrida térmica/fotovoltaica ISABELA – GALÁPAGOS**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 03 del mes de septiembre del año 2025

LA AUTORA

f. 
HEIDY MILENA MEJÍA SOLÓRZANO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

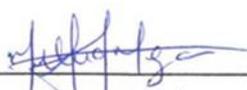
AUTORIZACIÓN

Yo, Mejía Solórzano, Heidy Milena

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio de factibilidad técnico-económico para la repotenciación de la central híbrida térmica/fotovoltaica ISABELA – GALÁPAGOS**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 03 del mes de septiembre del año 2025

LA AUTORA

f. 
HEIDY MILENA MEJÍA SOLÓRZANO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

REPORTE COMPILATIO



Reporte compilato del Trabajo de titulación de la carrera ELECTRICIDAD denominado: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA CENTRAL HÍBRIDA TÉRMICA/FOTOVOLTAICA ISABELA – GALÁPAGOS" de la estudiante MEJIA HEIDY MILENA se encuentra al 3% de coincidencias.

f.

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para alcanzar cada meta, ya que sin el nada sería posible.

A mi padre, Julio Mejía, por ser mi ejemplo de esfuerzo y perseverancia, por trabajar cada día con dedicación para brindarme todo lo necesario y enseñarme el valor de la constancia.

A mi madre, Fátima Solórzano, por su apoyo incondicional, su cariño y por impulsarme siempre a ser mejor estudiante y persona.

A mis hermanos, Julio y Jeremy, quienes han sido un soporte fundamental en este camino.

A mis abuelos maternos, Fátima y Pablo, que han velado por mí y se han preocupado constantemente por mi bienestar, especialmente desde que dejé mi hogar en Galápagos para continuar mis estudios en Guayaquil.

Y a toda mi familia que, con su amor y confianza, me han acompañado en cada paso de mi vida académica.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco profundamente a mis padres, Julio Mejía y Fátima Solórzano, por su sacrificio, apoyo y amor incondicional. A mis hermanos, personas especiales y familiares cercanos, quienes con sus palabras de aliento me motivaron a no rendirme y continuar hasta alcanzar esta meta.

Extiendo mi gratitud a mis amigos, que se convirtieron en una compañía valiosa durante mi carrera, compartiendo experiencias y aprendizajes.

De manera especial, expreso mi agradecimiento al Ingeniero Bayardo, director de carrera, por su confianza, guía y respaldo en mi formación académica. Asimismo, a todos los docentes ingenieros que a lo largo de mi trayectoria universitaria compartieron sus conocimientos y me impulsaron a crecer como profesional y como persona.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.

ING. BOHORQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO Ph.D.
DIRECTOR DE CARRERA

f.

ING. UBILLA GONZALEZ RICARDO XAVIER, MSc
COORDINADOR DEL ÁREA

f.

Ing. Bonilla Sánchez, Ronnie Alexander, MGs.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I:	2
DESCRIPCIÓN GENERAL.....	2
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Definición del problema.....	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Objetivos el problema de investigación	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	5
1.6. Hipótesis.....	6
1.7. Metodología y Medios	6
CAPÍTULO II:	7
1. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Introducción a las energías renovables	7
2.2. Problema Energético Mundial Debido a los Sistemas de Generación Convencionales	8
2.3. Protocolo de Kioto	8
2.4. Fuentes Renovables de Generación de Energía Eléctrica.....	9

2.4.1. Tipos de Energías Renovables	9
2.4. Energía Eólica	10
2.4.3. Energía de Biomasa.....	11
2.4.4. Energía Geotérmica.....	12
2.4.5. Energía Mareomotriz	13
2.4.6. Prevenir los incendios eléctricos por medio de la protección.....	15
2.5.1. Detección de incendios	16
2.5. Fundamentos de la Energía Solar Fotovoltaica.....	17
2.6. Sistema Solar Fotovoltaico	18
2.6.1. Componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico.....	19
2.7 Subsistemas	19
2.6.1. Componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico.....	19
2.7.2. Sistema Solar Fotovoltaico Aislado.....	20
2.7.3. Sistema Fotovoltaico Híbrido	21
2.7.4. Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (On Grid).....	22
2.7.5. Sistema Fotovoltaico Aislado (Off Grid).....	23
2.8. Partes	24
2.8.1. Paneles Solares.....	24
2.8.1.1. Paneles Solares Monocristalinos.....	25

2.8.1.2. Paneles Solares Policristalinos.....	26
5.8.1.3. Paneles Solares Fotovoltaicos de Capa Fina.....	27
2.8.2. Inversor	28
2.8.3. Baterías.....	29
2.8.4. Cable Solar	30
2.8.5 Sistema Puesto a Tierra.....	31
2.8.6 Pararrayos.....	32
2.8.7. Protecciones	33
2.8.8. Etapa del Diseño	34
2.8.9. Cálculo Estructural.....	34
CAPÍTULO III:.....	35
3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	35
3.1. Generalidades.....	35
3.1.1. Antecedentes del proyecto	35
3.1.2. Ubicación	35
3.1.3. Irradiación solar global promedio	36
3.1.3. Trayectoria Solar.....	37
3.1.4. Temperatura	38
3.1.4. Demanda de energía.....	39

3.1.5. Diagrama unifilar	41
CAPÍTULO IV:.....	42
4. DISEÑO DEL SISTEMA	43
4.1. Generalidades	43
4.2. capacidad del generador	43
4.3. Número de paneles fotovoltaicos	44
4.4. Inversor	44
4.4. Conexiones eléctricas.....	45
4.4.1. Conexiones en corriente continua	45
4.5. Soportería	50
4.6. Área del generador	50
4.7. Área de mantenimiento	51
4.7. Área real del sistema propuesto	51
4.8. Elementos de fijación y anclaje.....	52
4.9. Sistema puesto a tierra	52
4.10. Dimensionamiento del sistema mediante software PVsyst.....	53
CAPÍTULO V:.....	58
5. ANÁLISIS ECONÓMICO	58
5.1. Estudio económico	58

5.2. Tiempo de ejecución	60
5.3. Beneficios técnicos.....	60
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de energía renovable	10
Figura 2 Central eólica	11
Figura 3 Energía de biomasa.....	12
Figura 4 Energía geotérmica	13
Figura 5 Energía mareomotriz	15
Figura 6 Central fotovoltaica	17
Figura 7 Sistema solar conectado a la red.....	20
Figura 8 Sistema solar fotovoltaico aislado	21
Figura 9 Sistema fotovoltaico híbrido.....	22
Figura 10 Sistema fotovoltaico conectado a la red (On Grid)	23
Figura 11 Sistema fotovoltaico aislado (Off Grid)	24
Figura 12 Paneles solares monocristalinos	26
Figura 13 Paneles solares policristalinos	27
Figura 14 Paneles solares de capa fina.....	28
Figura 15 Inversor	29
Figura 16 Baterías	30
Figura 17 Cable solar	31
Figura 18 Sistemas Puesta a Tierra	32

Figura 19 Pararrayos	33
Figura 20 Ubicación Geográfica de la central hibrida	36
Figura 21 Mapa de irradiación solar global en galápagos.....	37
Figura 22 Trayectoria solar	38
Figura 23 Temperatura Galápagos	39
Figura 24 Diagrama unifilar 1	41
Figura 25 Diagrama unifilar 2.....	42
Figura 26 Central solar.....	45
Figura 27 Datos meteorológicos mensuales del proyecto.....	53
Figura 28 Distribución horaria de la energía generada	54
Figura 29 Diagrama de pérdidas del sistema fotovoltaico	54
Figura 30 curvas de dimensionamiento del voltaje del conjunto.....	55
Figura 31 distribución de irradiancia horaria.	55
Figura 32 dimensionamiento de potencia: salida del inversor	56
Figura 33 Balances y resultados principales del sistema fotovoltaico.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de demanda mensual promedio.....	40
Tabla 2 Ficha del inversor.....	47
Tabla 3 Dimensionamiento de las entradas DC	49
Tabla 4 Cantidad de soportaría necesaria.....	52
Tabla 5 Presupuesto	59

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Generador fotovoltaico.....	43
Ecuación 2 Numero de paneles fotovoltaicos	44
Ecuación 3 Potencia del inversor	44
Ecuación 4 Área del generador	50
Ecuación 5 Área de mantenimiento	51
Ecuación 6 Área real del sistema propuesto	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Informe PVsyst.....	64
-----------------------------	----

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación analiza la factibilidad técnica y económica de repotenciar la central híbrida térmica/fotovoltaica en la isla Isabela, Galápagos. El objetivo principal es aumentar la participación de energía renovable en la red insular, reduciendo la dependencia del diésel, combustible costoso y muy contaminante. A través de simulaciones en PVsyst cálculos eléctricos y un estudio económico minucioso, se sugiere la instalación de 850 paneles solares bifaciales monocristalinos, un inversor central de 500W, estructuras de soporte, sistemas de protección y sistema puesto a tierra.

El trabajo mejora los gastos operativos al reducir el transporte marítimo de combustibles, asegurar mayor estabilidad energética en la isla Isabela y reducir el impacto ambiental en un ecosistema vulnerable y reconocido como patrimonio Natural de la Humanidad. Asimismo, refuerza el paso hacia un modelo de sostenibilidad energética. La investigación evidencia que la repotenciación es tanto técnica como económicamente factible, siendo una opción replicable en otras comunidades aisladas con gran potencia solar.

Palabras clave: Energía renovable, diésel, PVsyst, paneles solares, sostenibilidad energética, eficiencia, Galápagos.

ABSTRACT

The following research paper analyzes the technical and economic feasibility of repowering the hybrid thermal/photovoltaic plant on Isabela Island, Galapagos. The main objective is to increase the share of renewable energy in the island's grid, reducing dependence on diesel, an expensive and highly polluting fuel. Through PVsyst simulations, electrical calculations, and a detailed economic study, the installation of 850 monocrystalline bifacial solar panels, a 500W central inverter, support structures, protection systems, and a grounding system is suggested.

The work improves operating costs by reducing maritime fuel transport, ensuring greater energy stability on Isabela Island, and reducing the environmental impact on a vulnerable ecosystem recognized as a World Heritage Site. It also reinforces the move toward a sustainable energy model. The research shows that repowering is both technically and economically feasible, making it a renewable option in other isolated communities with high solar power.

Keywords: renewable energy, diesel, PVsyst, solar panels, energy sustainability, efficiency, Galapagos.

ACRÓNIMOS

Definiciones

Paneles fotovoltaicos: Láminas que capturan la luz del sol y la cambian en electricidad. Esta electricidad se llama corriente continua.

Inversor: Aparato que transforma la corriente continua (CC) de las láminas solares en corriente alterna (CA), lo cual se usa en casas y sistemas eléctricos.

PVsyst: Software para hacer simulaciones que ayudan al creador de sistemas solares y al cálculo de cuánta energía producen.

Energías renovables: Formas de energía que vienen de cosas naturales que no se acaban, como el sol, el aire o el agua.

Central térmica: Planta eléctrica que usa combustibles como gasolina o carbón para hacer calor y dar energía.

Protocolo de Kioto: Pacto entre países para bajar la contaminación y mejorar energías nuevas.

Generador: Dispositivo que pone el movimiento en electricidad, utilizando campos de imanes.

Diagrama unifilar: Dibujo eléctrico sencillo que enseña los aparatos más importantes y su conexión en una sola línea.

Repotenciación: Hacer mejor una planta ahora mismo para que genere más energía y sea más eficiente.

Banco de baterías: Grupo de baterías que guarda energías para usarla cuando hay poco sol.

Huella de carbono: Medidor del ambiente para saber cuanta contaminacion (CO₂) hace una accion o sistema.

Sobrevoltaje: Es una tension electrica alta de una linea o circuito electrico y puede dañar aparatos.

CAPITULO I:

DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1. Introducción

A nivel mundial, la adopción de fuentes de energía renovables se ha acelerado debido a las crecientes preocupaciones sobre el cambio climático y la preservación del medio ambiente. En este contexto, el Archipiélago de las Galápagos, reconocido por su biodiversidad única y designado como Patrimonio Natural de la Humanidad, representa un entorno particularmente sensible, donde es fundamental minimizar el uso de combustibles fósiles.

Desde hace varias décadas, la principal fuente de generación de energía ha sido de origen térmico, con el diésel como principal medio de producción. Esta práctica conlleva importantes riesgos ambientales, como emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), derrames de combustible y amenazas directas a los ecosistemas locales. (Ministerio de Energía y Minas, 2023)

En esta temática, el gobierno ecuatoriano, en colaboración con organismos internacionales, ha incentivado la implementación de sistemas de energía renovable en todo el archipiélago de las Galápagos, particularmente en la isla Isabela, donde actualmente opera una planta híbrida que combina generación térmica y fotovoltaica. Sin embargo, la cantidad de energía generada por la planta solar sigue siendo limitada en comparación con la capacidad total instalada, manteniendo una alta dependencia del diésel. (GIZ, s.f.)

El objetivo del presente estudio es analizar la factibilidad técnico-económico de repotenciar la central híbrida térmica/fotovoltaica en Isabela – Galápagos. Mediante

simulaciones energéticas utilizando el software PVsyst, se busca una configuración óptima para incrementar el aporte de energía solar al sistema híbrido, reducir el uso de combustibles fósiles y garantizar una producción limpia y continua. Esta propuesta se enmarca en una visión sustentable que promueve el uso de fuentes de energía renovables para salvaguardar los frágiles ecosistemas del archipiélago y contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Además del beneficio ambiental, una repotenciación adecuada permitirá a la planta optimizar sus costos de operación, al reducir los gastos de importación, transporte y almacenamiento de combustibles. Este trabajo se alinea con las políticas públicas para Galápagos, que establecen como metas la transición energética sostenible y la descarbonización del sistema eléctrico de la isla.

1.2. Antecedentes

Debido a los altos costos logísticos del transporte de combustibles y a la vulnerabilidad ambiental que enfrentan, las fuentes de energía renovables han ganado relevancia en muchas regiones insulares del mundo. En el caso de la isla Isabela, el sistema híbrido instalado ha permitido avanzar hacia una matriz energética más limpia; sin embargo, aún existen desafíos técnicos y económicos que restringen el alcance del sistema fotovoltaico

El funcionamiento del sistema de generación vigente, compuesto por una central térmica alimentada con diésel y un sistema solar fotovoltaico complementario. Sin embargo, se ha demostrado que la energía solar producida no logra satisfacer un porcentaje significativo de la demanda diaria, y que las baterías tienen una capacidad de almacenamiento limitada. (CGREG, 2023)

En este contexto, los estudios destacan la necesidad de evaluar nuevas configuraciones, aumentar la capacidad instalada e integrar tecnologías más eficientes, como paneles de alto rendimiento, inversores híbridos y sistemas de control inteligente.

1.3. Definición del problema

La central de generación híbrida de la isla Isabela combina una planta fotovoltaica con una planta térmica. Sin embargo, la contribución de la energía solar a la generación total sigue siendo baja, lo que genera una gran dependencia del diésel, un combustible fósil costoso y contaminante. Esta situación contradice los esfuerzos nacionales e internacionales para fomentar el uso de energías renovables, particularmente en áreas protegidas como Galápagos.

La limitada participación de la energía solar hace imposible maximizar los beneficios ambientales, económicos y técnicos del sistema, afectando directamente los objetivos de sostenibilidad energética previstos para el archipiélago.

En ese orden de ideas, se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera la repotenciación del sistema fotovoltaico en la central híbrida Isabela puede mejorar la participación de energía renovable en la generación eléctrica, reduciendo el uso de combustibles fósiles y minimizando el impacto ambiental?

1.4. Justificación

Al aprovechar la radiación solar disponible en Isla Isabela, se fortalecerá la resiliencia del sistema fotovoltaico, lo que permitirá disminuir el consumo de diésel y ayudará a preservar el medio ambiente. Todo avance tecnológico orientado a reducir las emisiones y los riesgos de contaminación resulta estratégico, especialmente en una

zona de alta sensibilidad ecológica, caracterizada por la presencia de biodiversidad endémica única.

Además, este trabajo permitirá generar conocimiento técnico aplicable a otras islas o comunidades fuera de la región continental del Ecuador. Teniendo en cuenta factores climáticos, técnicos y económicos, el uso de herramientas como PVsyst facilitará la identificación del escenario más sostenible y rentable.

Asimismo, el estudio responde a una fuerte motivación personal, puesto que, como futura ingeniera eléctrico, la autora busca aportar soluciones prácticas que fortalezcan el uso de energías limpias en áreas protegidas, promoviendo así una transición energética sostenible y replicable.

1.5. Objetivos el problema de investigación

1.5.1. Objetivo General

Estudiar la factibilidad técnico-económico para la repotenciación de la central híbrida térmica/fotovoltaica Isabela – Galápagos.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico técnico de la central híbrida térmica/fotovoltaica Isabela – Galápagos.
- Diseñar un subsistema fotovoltaico interconectado a la central híbrida térmica/fotovoltaica Isabela – Galápagos, mediante el software PVsyst, evaluando así diferentes configuraciones técnicas.
- Realizar una propuesta técnico-económica para evaluar la factibilidad del proyecto.

1.6. Hipótesis

El sistema fotovoltaico de la planta híbrida Isabela, optimizado mediante herramientas de simulación como PVsyst, permitirá aumentar significativamente la participación de las energías renovables en la red energética local, reduciendo el uso de combustibles fósiles y, con ello, minimizando el impacto ambiental en el entorno natural protegido del archipiélago de las Galápagos.

1.7. Metodología y Medios

Desde el enfoque metodológico, este estudio adopta un diseño de investigación mixto, que integra componentes cuantitativos y cualitativos, con un enfoque descriptivo y aplicado. Se realizará un análisis técnico del sistema híbrido térmico/fotovoltaico actualmente en operación, a partir de la recopilación de datos operativos, de consumo energético y ambientales en la isla Isabela.

El *software* PVsyst se utilizará para simular diversos escenarios de repotenciación, evaluando variables como la capacidad instalada, la eficiencia, el almacenamiento y los costos. La metodología incluirá además un análisis comparativo de los resultados desde una perspectiva técnica, económica y ambiental, que permita seleccionar la configuración más factible y sostenible. Esta proximidad facilitará el desarrollo de una técnica reproducible, alineada con los objetivos de sostenibilidad del archipiélago de las Galápagos.

CAPÍTULO II:

1. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción a las energías renovables

El clima de la Tierra se ha mantenido relativamente estable, con temperaturas moderadas durante milenios, lo que ha permitido el florecimiento de la vida. La principal razón por la cual los GEI han mantenido su equilibrio es la acción de la lluvia y de los árboles, que regulan la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera. Sin embargo, como resultado de la actividad humana, las concentraciones de estos gases han aumentado rápidamente en los últimos 50 años. El uso generalizado de combustibles fósiles, el debilitamiento de la capa de ozono y la destrucción de las masas forestales contribuyen al calentamiento global, provocando cambios drásticos en el clima y haciéndolo cada vez más incierto.

Como consecuencia de ello, los gobiernos acordaron en 1997 el Protocolo de Kioto, en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de la ONU (CMNUCC). Este acuerdo establece objetivos jurídicamente vinculantes para que los países industrializados reduzcan sus emisiones de los principales GEI en un 5,2 % durante el periodo 2008-2012, en comparación con los niveles de 1990. Está claro que la solución para alcanzar este objetivo es reducir el consumo de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural – principales fuentes de gases contaminantes–, y fomentar tanto la conservación de la energía como el uso de fuentes de energía limpia, como las energías renovables o alternativas. (Argañarás & Humana, 2022)

2.2. Problema Energético Mundial Debido a los Sistemas de Generación

Convencionales

Los modos tradicionales de crear energía, que usan más que todo combustibles fósiles, tienen muchos problemas, como la falta de recursos naturales, el sucio en el medio ambiente y el cambio del clima. Además la necesidad de estos recursos puede causar conflictos económicos y políticos.

El problema de no tener suficiente recursos está muy conectado con el hecho de que los combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas natural tienen una cantidad limitada, la cual baja todo el tiempo. Esta dependencia es crítica, ya que la mayor parte de la energía a nivel mundial se produce a partir de estas fuentes, lo que expone a los países a las variaciones del mercado, conflictos geopolíticos y posibles crisis energéticas. La escasez de estos recursos puede provocar crisis energéticas, incluyendo cortes de energía y bajas en el suministro.

2.3. Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto representa un acuerdo internacional relevante en la lucha global contra el cambio climático. Se pactó en 1997 durante la tercera Conferencia de las Partes (COP 3) y obliga a los países desarrollados a restringir o disminuir las emisiones de GEI. (MITECO, s.f.)

El Protocolo establece una serie de principios, como la optimización de la eficiencia energética, y define mecanismos de mercado para alcanzar los objetivos de forma eficaz en relación de los costos. Uno de estos mecanismos es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que permite contabilizar reducciones de emisiones obtenidas en países en desarrollo. Además, el Protocolo contempla los depósitos de carbono dentro de su marco y ha incorporado nuevas variables en diversos sectores.

La implementación del Protocolo de Kioto se percibe como una oportunidad para modernizar el sistema de producción, orientándolos hacia un modelo de producción y consumo sustentable. Desde el inicio de las conversaciones sobre su implementación, se ha considerado uno de los avances más significativos en la lucha mundial contra el cambio climático. Sin embargo, hay opiniones contradictorias acerca de las medidas sugeridas y su fundamento científico. El Protocolo de Kioto conlleva consecuencias para países específicos y sus tácticas ante el cambio climático. (MITECO, s.f.)

2.4. Fuentes Renovables de Generación de Energía Eléctrica

Las fuentes renovables de energía eléctrica provienen de procesos naturales capaces de regenerarse de manera continua, a un ritmo que iguala o supera el consumo humano. A diferencia de los combustibles fósiles, no se agotan y no emiten gases contaminantes como el CO₂ durante su funcionamiento, lo que las convierte en herramientas esenciales para la descarbonización del sector energético. Su implementación es esencial para la transición hacia un modelo de energía más sustentable y para combatir el cambio climático.

2.4.1. Tipos de Energías Renovables

En cuanto a los tipos de energía renovables, existen diversas fuentes de energía que, aunque ampliamente mencionadas, requieren destacar su conversión final de energía eléctrica. El desarrollo de estas energías renovables facilita la reducción del impacto ecológico del sector eléctrico, mejora la eficiencia energética y promueve la autonomía energética de los países, especialmente de aquellos que dependen de los combustibles fósiles.

Figura 1 Tipos de energía renovable



Nota. distintos tipos de energías renovables. **Fuente.** Quiroa, M. (2020).

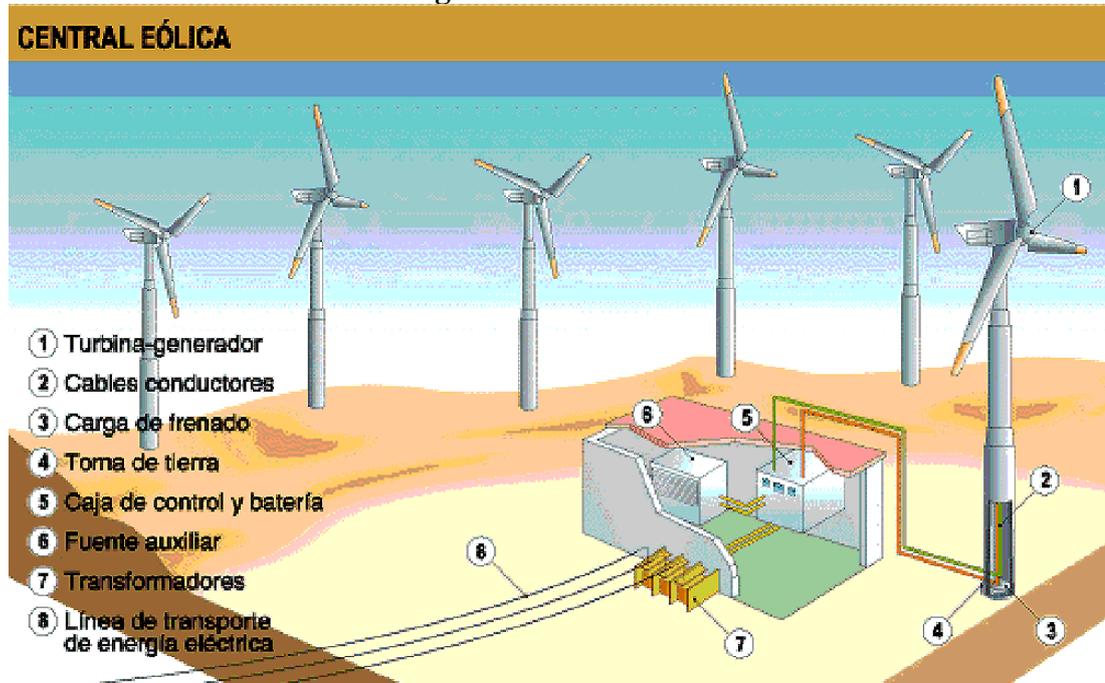
2.4. Energía Eólica

La energía eólica es una fuente de energía renovable que aprovecha la energía cinética del viento, originada por el calentamiento desigual de la superficie terrestre debido a la radiación solar. Este fenómeno crea zonas de alta y baja presión que provocan el desplazamiento del aire, generando corrientes atmosféricas. Una pequeña porción del total de energía solar que llega a la Tierra (cerca del 1 %, correspondiente a 1015 vatios) se convierte en viento, que puede transformarse en energía mecánica o eléctrica a través de turbinas eólicas. Estas turbinas toman la energía del viento y la hacen en energía que usamos, lo que es una opción buena y que dura en el tiempo comparado con las fuentes tradicionales.

Los vientos útiles para la producción de electricidad, que son llamados como vientos locales, los cuales se inician cerca de la superficie terrestre y están afectados por factores como la rugosidad del suelo y cambios de presión. En países como Ecuador, estos vientos pasan principalmente por mezcla entre los valles andinos, costas y brisas del mar. Además de ser una fuente inagotable, la energía eólica no

produce residuos contaminantes y puede ajustarse de manera eficaz a áreas remotas, lo que la convierte en una alternativa factible para diversificar la matriz energética y minimizar el efecto en el medio ambiente. (Pacheco, 2023)

Figura 2 Central eólica

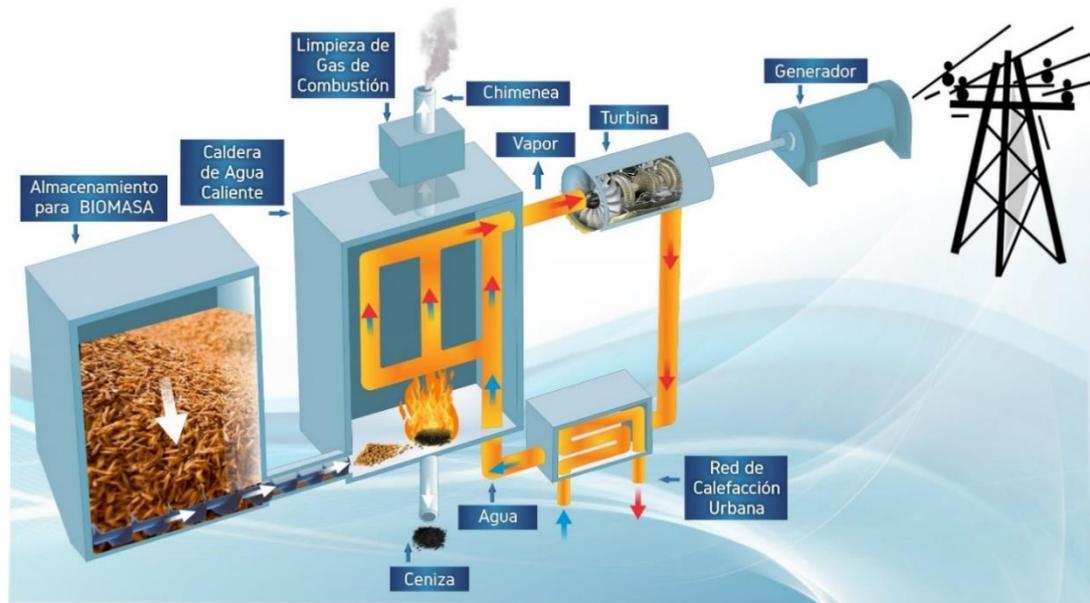


Nota. distintas partes que posee una central eólica. **Fuente.** Pepeenergy. (2025).

2.4.3. Energía de Biomasa

Desde tiempos inmemoriales, la biomasa ha sido una de las principales fuentes de energía por el ser humano, y se estima que en la actualidad aporta un 14 % al suministro de energía a nivel global. La biomasa puede definirse como cualquier sustancia orgánica de procedencia vegetal o animal que puede transformarse en energía. Este material orgánico no fósil almacena la energía solar captada durante el proceso de fotosíntesis, mediante el cual el hidrógeno y el carbono se fijan en los tejidos orgánicos, lo que permite su aprovechamiento energético. (Castillo, 2020)

Figura 3 Energía de biomasa

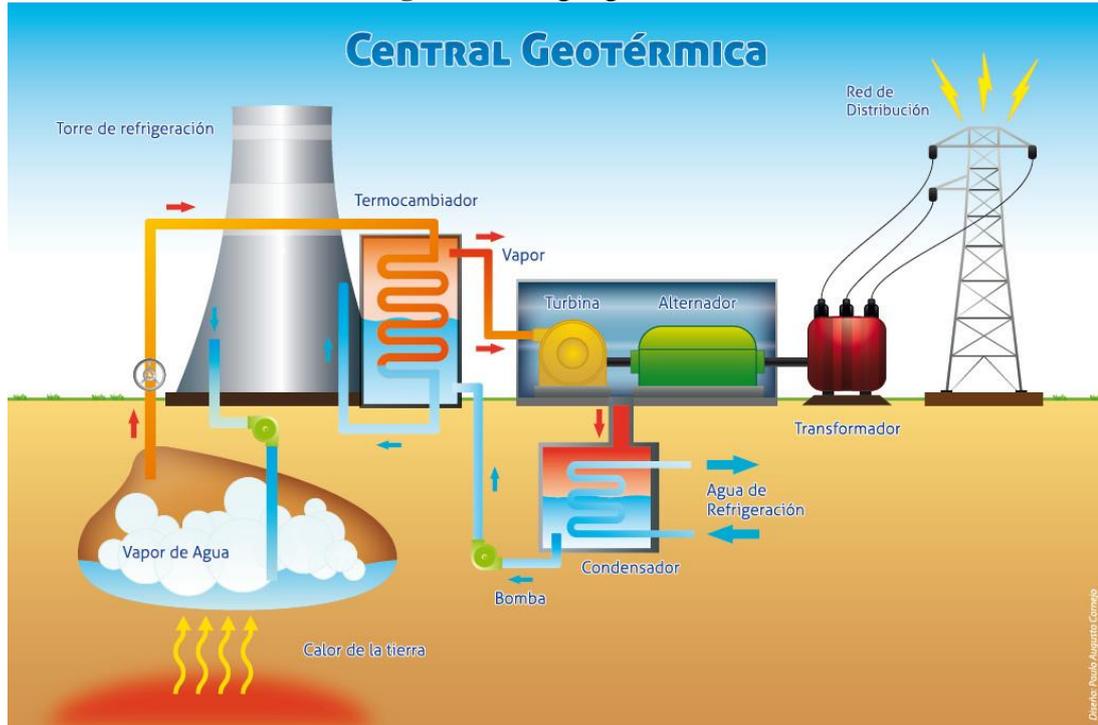


Nota.orden y los procesos que se realizan en una centra de biomasa. **Fuente:** Adela, (2020).

2.4.4. Energía Geotérmica

La energía geotérmica consiste en la extracción de calor interno de la Tierra para su uso en la generación de electricidad o en aplicaciones de calor directo, utilizando sistemas de ciclo binario o ciclo Rankine. El vapor geotérmico es usado directamente para mover las turbinas generadoras en el ciclo de Rankine, a diferencia de que en los ciclos binarios se emplea un fluido adicional con un punto de ebullición menor que el agua, el cual se vaporiza al intercambiar calor con el fluido geotérmico y posteriormente acciona la turbina. Desde un ángulo ambiental, la huella de esta energía es mucho menor que la de los combustibles fósiles, aunque tiene que haber un buen control para evitar usar demasiado los reservorios calientes. (Munizaga & Parrales, 2025)

Figura 4 Energía geotérmica



Nota. central geotérmica cada una de sus partes y como se realiza el proceso hasta llevar la red eléctrica de distribución. **Fuente:** Geotermia Vertical, (2020).

2.4.5. Energía Mareomotriz

La energía mareomotriz se presenta como una opción prometedora en el ámbito de las energías renovables, puesto que aprovecha el movimiento regular de las mareas generado por las fuerzas gravitatorias del Sol y la Luna. Este tipo de energía se genera a través de la construcción de infraestructuras como diques, que permiten almacenar agua marina para luego liberar su energía cinética y potencial, provocando el giro de turbinas que producen electricidad.

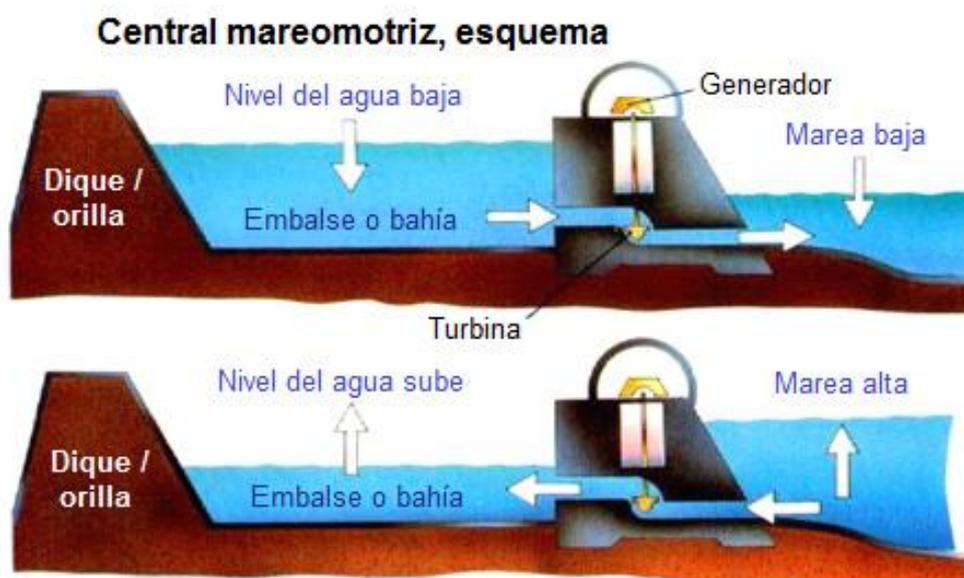
Aunque su implementación requiere una inversión inicial considerable, así como conocimientos y habilidades técnicas avanzadas, varios países desarrollados – como Canadá, Reino Unido, Francia, Estados Unidos y China– ya han adoptado esta tecnología a gran escala. Históricamente, las mareas han sido utilizadas por el humano para operar molinos de agua, y entre los años 2000 y 2010 se registró un incremento

significativo en la implementación de sistemas de generación de energía en áreas costeras.

Las ventajas de la energía mareomotriz no solo se limitan al ámbito energético, sino que también incluyen una menor huella ecológica en comparación con las fuentes convencionales, al contribuir a la reducción del impacto ambiental. Sin embargo, su expansión también puede generar efectos negativos en los ecosistemas marinos, como se ha observado en Corea del Sur y el Reino Unido, donde la construcción de plantas ha afectado áreas intermareales. Por esta razón, se han propuesto soluciones como el diseño de presas que no solo preserven, sino que incluso promuevan el aumento de la biodiversidad.

Entre los métodos disponibles para generar esta forma de energía, se destacan tres: los generadores de corrientes marinas, que se asemejan a turbinas eólicas submarinas y poseen un impacto ambiental bajo; las presas de mareas, que emplean la energía potencial del agua y generan altos costos e impactos ecológicos; y la energía mareomotriz dinámica, que fusiona energía cinética y potencial a través de largas presas dirigidas al océano. En ese orden de ideas, a pesar de los desafíos técnicos y ambientales que supone, la energía mareomotriz brinda un enorme potencial para diversificar de manera sostenible la matriz energética mundial. (Cornejo, 2021)

Figura 5 Energía mareomotriz



Nota.funcionamiento de la central mareomotriz tanto cuando hay marea baja y alta
Fuente: Tecnoceano, (2020).

2.4.6. Prevenir los incendios eléctricos por medio de la protección

La energía undimotriz es una fuente de energía renovable que se genera a partir del movimiento de las olas en la superficie marina, producido por la acción del viento. Esta energía tiene múltiples aplicaciones beneficiosas, como la generación de electricidad, la desalinización del agua y el bombeo de líquidos, lo que la convierte en una fuente versátil y de gran potencial. A lo contrario de la energía mareomotriz, que se basa en ciclos regulares de las mareas, la energía undimotriz tiene una naturaleza estocástica, es decir, muestra acciones aleatorias que requieren un análisis estadístico a largo plazo para su mejor planificación.

No obstante, se caracteriza por su elevada densidad de potencia pese a que solo se puede utilizar aproximadamente el 20 % de su potencial, este porcentaje es significativamente alto en comparación con el consumo total de energía. En la actualidad, esta tecnología está en fases tempranas de comercialización, con estudios y proyectos piloto de investigación en diversas partes del mundo, particularmente en

áreas con alta actividad oceánica como el sur del océano Índico y el norte del Atlántico. Además, existe una variedad de dispositivos destinados a capturar esta energía, entre ellos los sistemas de columna de agua oscilante, convertidores sumergidos por presión diferencial, sistemas de rebosamiento y sistemas de aumento rápido de agua oscilante, todos ellos basados en diferentes principios de funcionamiento.

Como señaló Zambrano (2023), debido a su naturaleza limpia y sostenible, la energía undimotriz ha despertado el interés de múltiples países que la consideran una opción prometedora para diversificar sus fuentes de energía en el futuro.

2.5.1. Detección de incendios

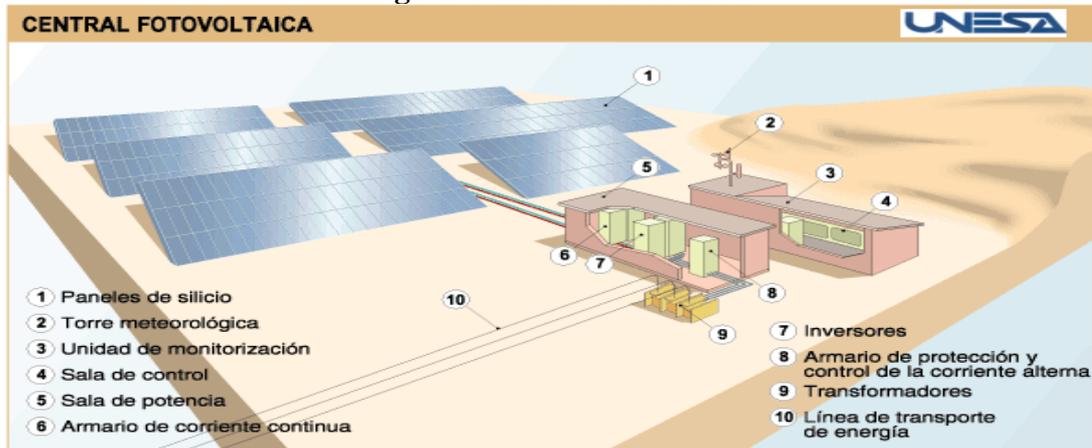
La energía solar fotovoltaica representa una de las fuentes de energía renovables más prometedoras y ecológicas presentes en la actualidad. Su operación se fundamenta en la captación de la radiación solar mediante paneles solares que poseen células fotovoltaicas, que convierten directamente la luz solar en energía eléctrica. Este proceso comienza con la creación de energía que fluye en dirección (DC) y que pasa por una caja combinadora cuyo trabajo es cuidar y separar el sistema. Finalmente, esta energía va al inversor, donde se convierte en corriente alterna (AC) y sube con un transformador para usar en la red eléctrica.

Aparte de ser un origen sin fin y limpio, su uso es muy bueno en lugares lejanos sin enlace a la red eléctrica común, pues ayuda a dar energía por su cuenta. Entre sus grandes cosas buenas están el poco daño que hace al medio ambiente, el bajar costos a largo plazo y lo útil que es en casi todo rincón del planeta.

Sin embargo, también hay problemas, como su alto costo inicial, la necesidad de un lugar decente para ponerlo; y depende mucho del clima. Aun así el avance de la

tecnología y lo importante que se siente cuidar el ambiente han puesto a gente y gobiernos juntos para apoyar estos planes como algo bueno que cuida el planeta y que trae ganancia ahora y en el futuro energetico. (Lajones, 2022)

Figura 6 Central fotovoltaica



Nota.Proceso de una central fotovoltaica. **Fuente:** Cienciasfera, (s.f.).

2.5. Fundamentos de la Energía Solar Fotovoltaica

La materia está compuesta por átomos, unidades básicas que se dividen en dos regiones diferenciadas: el núcleo, con carga positiva, y los electrones, partículas con carga negativa que compensan la del núcleo. Estas cargas opuestas actúan de manera equilibrada, lo que lleva al átomo ser eléctricamente neutro. Los electrones en la superficie se llaman electrones de valencia; juegan un papel muy importante en las interacciones químicas y eléctricas de los materiales.

Desde la visión física los materiales se clasifican en tres estados comunes: sólido, líquido y gaseoso. Pero desde la mirada de sus propiedades eléctricas, se separan comúnmente en conductores, aislantes y semiconductores. Es precisamente en este último grupo donde se basa el funcionamiento de las celdas solares fotovoltaicas.

Se emplean semiconductores en la producción de celdas solares fotovoltaicas, puesto que la luz solar se compone de fotones cuya energía es comparable a la que mantiene unidos a los electrones de valencia al núcleo atómico. Por lo tanto, cuando

la luz solar impacta en un semiconductor, usualmente de silicio, debido a su eficaz capacidad para transformar la energía de los fotones, proporciona la energía necesaria para que los electrones de valencia se desprendan de su núcleo y se desplacen por el material.

Cuando un electrón se libre (carga negativa), deja tras de sí una vacante, conocida como hueco, que se comporta como una carga positiva. Al producirse pares de electrón y hueco, en el semiconductor, a través de la absorción de energía luminosa, se produce una foto-generación de portadores de carga negativa y positiva. Este proceso de producción de foto-generación provoca la reducción de la resistencia eléctrica del material. Además, es posible incorporar átomos distintos a un semiconductor mediante la ingeniería de materiales. Algunos átomos adicionales ceden electrones libres al átomo inicial, transformando su comportamiento en una carga negativa; estos semiconductores se denominan “tipo-N”. Existen átomos que, al unirse al átomo inicial, generan vacíos en este, lo que resulta en la falta de electrones, lo que se conoce como semiconductores tipo-P.

Por otro lado, cuando se unen físicamente un semiconductor tipo N y otro tipo P, se forma lo que se conoce como unión PN, la cual, junto con los contactos metálicos en las caras superior e inferior, forma una celda solar básica. En el caso del silicio, el grosor de la unión puede fluctuar unos cientos de micra debido a su reducida absorción. El mismo conjunto genera un campo eléctrico interno (E_i) que se concentra principalmente en la zona de la unión. (Borja, 2023)

2.6. Sistema Solar Fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos solares convierten la radiación solar en energía eléctrica. El panel solar es el componente encargado de llevar a cabo esta conversión

de energía. No obstante, cada componente del sistema solar fotovoltaico juega un papel crucial en la captación de la energía solar y su transformación en electricidad utilizable.

2.6.1. Componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico

Cualquier sistema fotovoltaico incluye:

- Panel fotovoltaico: compuesto por celdas solares de silicio, capta los rayos solares y, a través del efecto fotoeléctrico, convierte directamente la energía solar en energía eléctrica continua. El panel proporciona un voltaje de 12 VDC, que varía en función de las dimensiones del panel y del clima.
- Baterías: actúan como un acumulador de energía producida, la cual se almacena y se distribuye a las cargas cuando la generación es reducida o cuando no se produce (a falta de sol). (Alusín Solar, 2025)
- Regulador: es un aparato electrónico que gestiona la interacción entre las baterías y el panel. Una vez que las baterías están completamente cargadas, el regulador redirige la energía hacia las cargas. Además, controla los niveles de descarga de las baterías.
- Inversor: permite la conversión de la DC en AC, posibilitando que las cargas que operen con AC puedan funcionar sin problemas. (Grijalva & Vélez, 2020)

2.7 Subsistemas

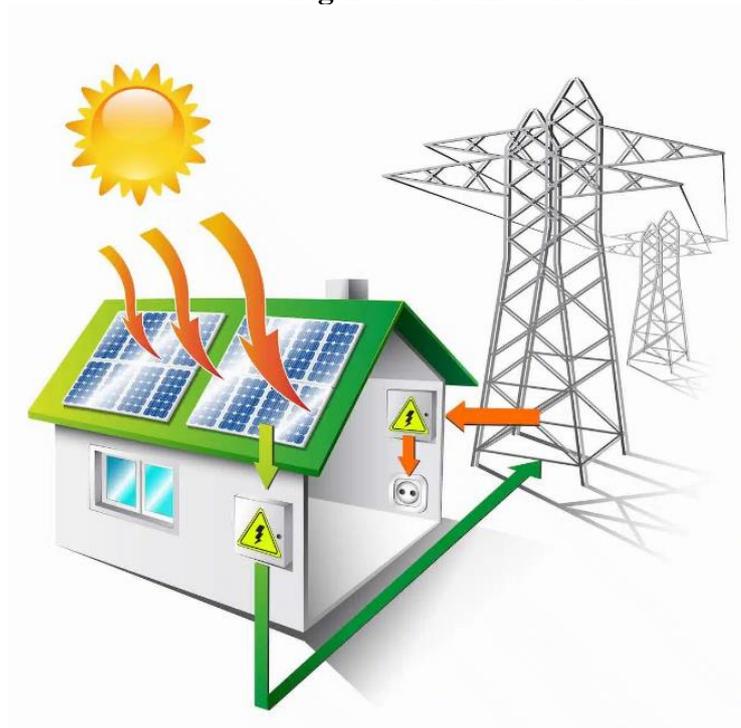
2.6.1. Componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR) constituyen una tecnología dual que posibilita el uso simultáneo de la energía producida por los módulos solares y la red eléctrica tradicional como soporte. Estos sistemas están diseñados para intercambiar energía con la red: si la producción solar es insuficiente,

el inversor absorbe la electricidad de la red; mientras que, si hay excedentes, la energía sobrante se inyecta en la red. La operación es gestionada por el inversor, que controla este flujo entre los dos generadores: el fotovoltaico y el de red. (Sacón & Vera, 2023)

Además, estos sistemas suelen no requerir de baterías, lo que reduce los costos de instalación y mantenimiento. Los componentes importantes son: los paneles solares que hacen electricidad a partir de luz solar; el inversor conectado a la red, que transforma la corriente. Además tienen un contador bidireccional que mide tanto la energía usada como la inyectada para hacer ajustes de tarifas. Y un sistema de control que asegura la buena administración de la tensión en la red de distribución. Este cuenta con mecanismos que garantizan un trabajo seguro y eficaz. (Grijalva & Vélez, 2020)

Figura 7 Sistema solar conectado a la red



Nota. El funcionamiento del sistema solar conectado a red y funcionamiento de este.
Fuente: Smart Wallboxes, (2023).

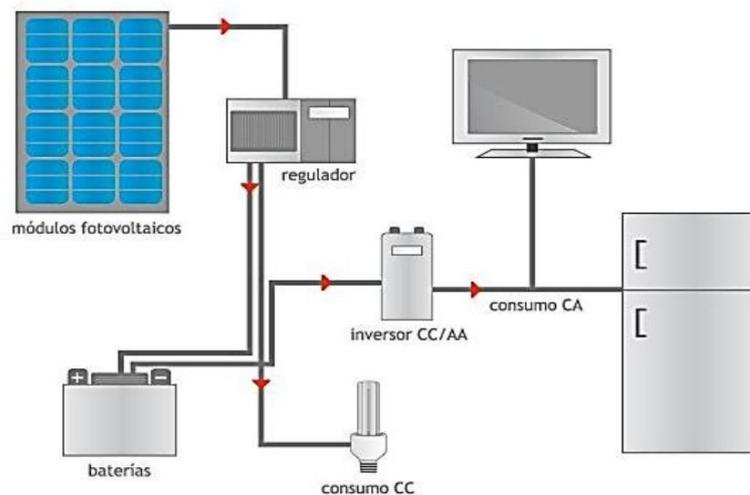
2.7.2. Sistema Solar Fotovoltaico Aislado

Los sistemas fotovoltaicos aislados a la red, también denominados “sistemas autónomos”, son alternativas energéticas independientes que producen electricidad

utilizando la radiación solar, sin la necesidad de estar conectados a la red eléctrica tradicional. Están diseñados para funcionar en lugares lejos o difíciles de llegar donde no hay electricidad. Su estructura base comprende un generador fotovoltaico, una batería, un regulador de carga y un inversor, lo cual ayuda la alimentación de cargas en DC y AC.

Estos sistemas se pueden poner en grupos según lo que hacen. Un ejemplo: sistemas autorregulados, que no necesitan un control activo de las baterías; sistemas de acoplamiento directo, en los que los módulos están conectados directamente a la carga DC; y sistemas de cargas reguladas, que incluyen un regulador para asegurar que las baterías duren más. (Quintanilla, 2020)

Figura 8 Sistema solar fotovoltaico aislado



Nota. el sistema fotovoltaico fuera de la red, no se conecta a la misma y posee un sistema interno para energizar los equipos que se disponga el sistema según su dimensionamiento. **Fuente:** Lerma, M. (2020).

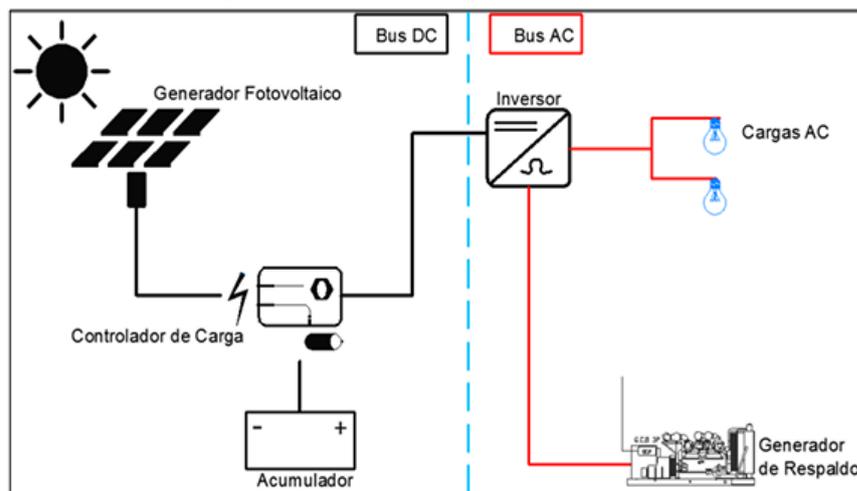
2.7.3. Sistema Fotovoltaico Híbrido

Los sistemas fotovoltaicos híbridos son una alternativa de energía que combina la energía solar con otras fuentes existentes, como pequeñas turbinas eólicas, microcentrales hidroeléctricas o generadores de diésel/gasolina. Este tipo de configuración es útil especialmente en sistemas aislados, donde tener recurso solar

puede no ser mucho a ciertas horas o con condiciones climáticas malas. Al usar varias fuentes de energías, se logra una mejor seguridad y ajuste para llenar necesidades distintas, disminuyendo la dependencia solo en los paneles solares.

Aunque los sistemas independientes suelen usar baterías para guardar energía hecha durante el día, estos aparatos son uno de los costos más altos del sistema debido a su precio, corto tiempo de vida y necesidades de cuidado. Por esta razón, en numerosas ocasiones es conveniente dimensionar un banco de acumuladores más pequeño y complementarlo con otra fuente de generación localmente accesible, lo cual disminuye los costos totales y mejora la estabilidad del suministro. (Grijalva & Vélez, 2020)

Figura 9 Sistema fotovoltaico híbrido



Nota. El sistema fotovoltaico posee las ventajas de los dos sistemas, tanto sistema conectado a la red como el aislado garantizando la continuidad del sistema. **Fuente:** Grijalva, C., & Vélez, F. (2020).

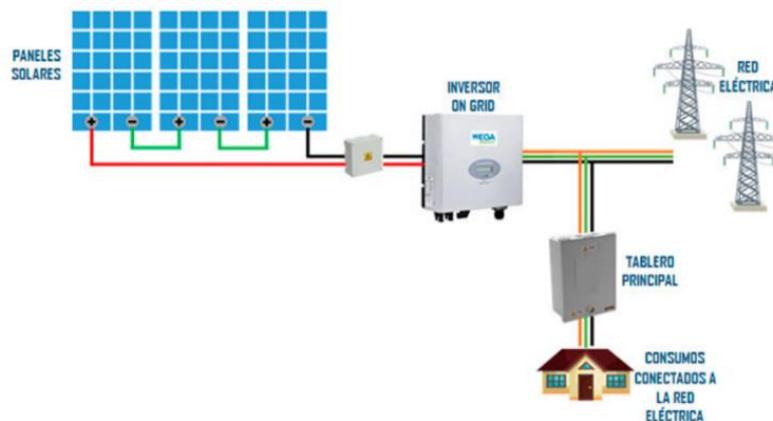
2.7.4. Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (On Grid)

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (On Grid) son instalaciones que operan conectadas a la red eléctrica convencional sin requerir almacenamiento de energía. Su papel fundamental es producir energía eléctrica a partir de la radiación

solar para satisfacer el consumo local, utilizando la red como respaldo en periodos de baja producción o elevada demanda.

Cuando lo que se produce supera a lo que se usa, lo que sobra se puede poner en la red bajo las reglas que hay en cada país, permitiendo, en ciertas situaciones, la obtención de beneficios económicos mediante sistemas como el net metering. Estos métodos son hechos para hacer mejorar los recursos y bajar mucho los gastos que tienen que ver con el consumo de luz, aunque su acción va por completo con la presencia de la red; si hay una falla en el suministro, el aparato se detiene solo para asegurar la seguridad del equipo de arreglo eléctrico. (Taípe, 2023)

Figura 10 Sistema fotovoltaico conectado a la red (On Grid)



Nota. El sistema ongrid trabaja junto a la red siendo la desventaja de que no posee baterías y al momento de haber un fallo a la red eléctrica, en nuestro sistema también se ira la misma. **Fuente.** Solar Costa, (s.f.).

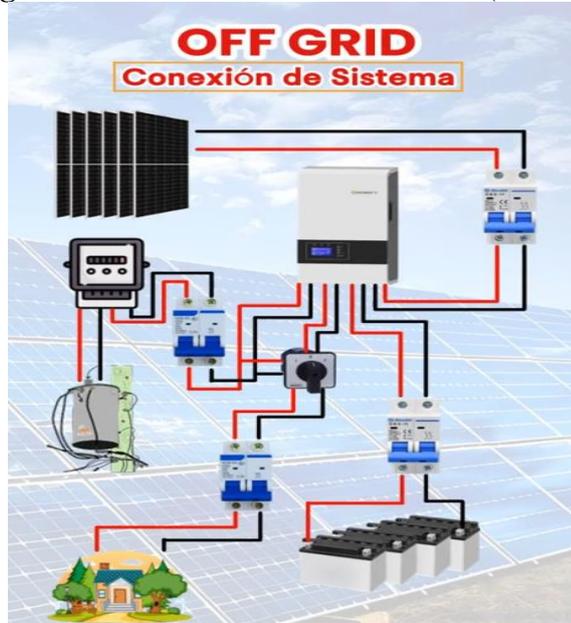
2.7.5. Sistema Fotovoltaico Aislado (Off Grid)

Los sistemas fotovoltaicos aislados (Off Grid) son dispositivos independientes que no necesitan vincularse a la red eléctrica convencional. Para asegurar un abastecimiento constante de energía, incorporan baterías que almacenan la electricidad producida durante el día para su uso durante las horas nocturnas o con escasa

irradiación solar. Este tipo de sistema resulta particularmente beneficioso en áreas remotas donde el acceso a la red es restringido o económicamente inviable.

Se pueden categorizar en dos categorías principales: centralizados, en los que todos los equipos se sitúan en un mismo sitio para abastecer una zona determinada, y descentralizados, en los que cada punto de consumo dispone de su propio sistema fotovoltaico independiente, perfecto para comunidades dispersas o hogares independientes. Por la utilización de acumuladores, estos sistemas suelen tener un costo inicial superior en comparación con los On Grid. (Chiluza, 2022)

Figura 11 Sistema fotovoltaico aislado (Off Grid)



Nota. El sistema off Grid trabaja con batería, pero no posee la ayuda de la red eléctrica.
Fuente. Chmenergia (7 de julio de 2024).

2.8. Partes

2.8.1. Paneles Solares

Los paneles solares son dispositivos que transforman la energía solar en energía eléctrica usable, utilizando el efecto fotovoltaico. Estos paneles están formados por celdas fotovoltaicas, generalmente de silicio, que producen corriente eléctrica al exponerse a la luz solar. El proceso se inicia cuando los fotones de luz impactan las

celdas fotovoltaicas, excitando electrones en el material y generando un flujo de corriente. La energía generada puede ser usada directamente en baterías para su uso futuro. (Soriano & Carvajal, 2024)

Cambio climático. Su implementación puede reducir la necesidad de combustibles fósiles, disminuyendo la huella de carbono. En los últimos años, la eficiencia de los paneles solares ha tenido un notable incremento, lo que los convierte en una alternativa más factible y económica para generar electricidad (AutoSolar, 2022)

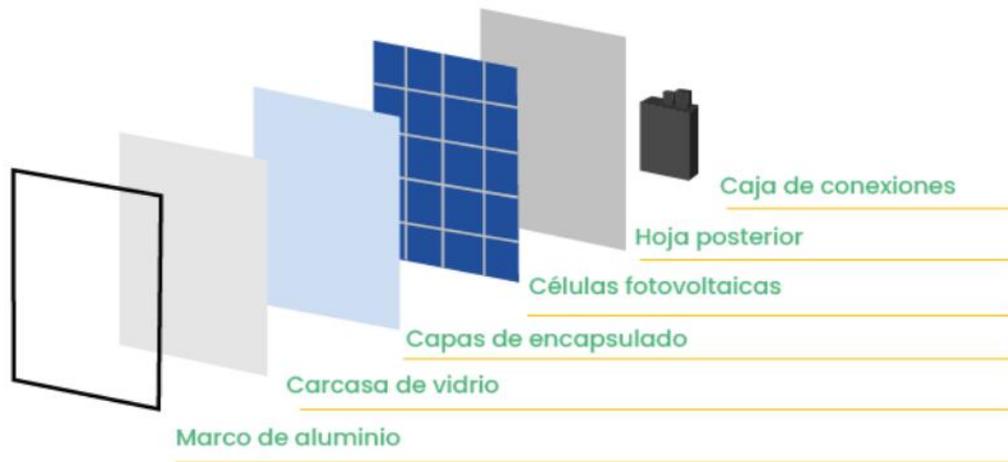
2.8.1.1. Paneles Solares Monocristalinos

Los paneles solares monocristalinos están elaborados a partir de un solo cristal de silicio puro, lo que les otorga una alta eficiencia y excelentes características técnicas, especialmente en climas fríos y tormentosos.

Gracias a su elevada sensibilidad, estos paneles pueden absorber eficientemente la radiación solar incluso en condiciones de baja temperatura. Aunque su proceso de fabricación es más costoso, ofrecen una mayor durabilidad y un rendimiento superior en espacios reducidos, lo que los convierte en una opción ideal para entornos con limitaciones de espacio o condiciones meteorológicas variables. (Miranda, 2021)

Figura 12 Paneles solares monocristalinos

COMPONENTES DE UN PANEL SOLAR MONOCRISTALINO



Nota. Los paneles solares poseen una serie de capas que permiten su correcto funcionamiento. **Fuente.** AutoSolar Perú, (s.f.).

2.8.1.2. Paneles Solares Policristalinos

Los paneles solares policristalinos se producen a partir de múltiples fragmentos de silicio fundidos. Suelen ser menos eficientes en comparación con los monocristalinos, con una eficiencia que oscila entre el 13 % y el 16 %. Su color es azul y tiene bordes rectos. Estos paneles son más económicos de fabricar y se utilizan extensamente en instalaciones de viviendas y comercios, siendo una alternativa frecuente debido al equilibrio que mantienen entre eficiencia y costo. (Soriano & Carvajal, 2024)

Figura 13 Paneles solares policristalinos



Nota. El panel solar policristalino posee un multicristal heterogéneo y con una potencia y eficiencia distinta al panel monocristalino. **Fuente.** Rincón de la Tecnología, (s.f.).

5.8.1.3. Paneles Solares Fotovoltaicos de Capa Fina

Los paneles solares de capa fina están formados por celdas fabricadas mediante la deposición de capas finas de material semiconductor sobre sustratos como vidrio, plástico o metal. Son más finos, livianos y adaptables que los paneles de silicio tradicionales. Si bien su función es menos buena, hacerlos es más fácil. Al contrario de los paneles cristalinos, son más baratos, pero menos buenos. Se organizan basados en el material de sus celdas, destacando el silicio amorfo, usado en aparatos de consumo menor, y el cadmio telurio, que da una mejor eficiencia pero necesita un trato apropiado por la toxicidad del cadmio. (Báez, 2023)

Figura 14 Paneles solares de capa fina



Nota. Perfectos para portabilidad y poseen aportan ligereza al sistema. **Fuente:** SolarPlack. (2023).

2.8.2. Inversor

Los inversores son considerados el núcleo de un sistema fotovoltaico, puesto que se encargan de administrar la energía eléctrica en función de la producción y la demanda. Su función principal consiste en convertir la corriente continua (CC) producida por los paneles solares o almacenada en las baterías en corriente alterna (CA) a 220V y 60Hz, con el fin de hacerla utilizable en equipos domésticos o industriales. Al absorber radiación solar, los paneles activan el movimiento de electrones en las células solares, produciendo electricidad que se transmite al inversor.

Este aparato toma esta energía en corriente continua y la cambia a corriente alterna, conveniente para los aparatos en casas y trabajos. Además, algunos tipos pueden ser cargadores manejando la protección y condición del grupo de baterías, e incluso obtener ayuda de fuentes fuera Cuando la necesidad es mayor que el límite que tiene el sistema. Hay diferentes tecnologías de inversores, como los inversores de cadena, los grandes, los pequeños y los de pilas. Cada uno tiene buenas cosas especiales para ciertos ajustes del sistema. (Lindao, 2020)

Figura 15 Inversor



Nota. En el inversor posee la función de cambiar corriente DC a AC. **Fuente.** Ineldec, (2024).

2.8.3. Baterías

Las baterías son elementos cruciales en sistemas fotovoltaicos autónomos e híbridos, dado que permiten almacenar el excedente de energía producido durante el día para su uso durante las horas nocturnas o en momentos de baja irradiación solar. Este almacenamiento se realiza mediante procesos electroquímicos que retienen y liberan electricidad según se requiera, asegurando la continuidad en el abastecimiento de energía. La energía generada por los paneles solares, tras ser controlada por un regulador de carga, se almacena en las baterías, transformándose de esta manera en una fuente de energía disponible en todo momento, sin importar la disponibilidad del sol. (Munizaga & Parrales, 2025)

Figura 16 Baterías



Nota. Las baterías se encuentran en sistemas off grid e híbrido. **Fuente.** Impronidie S.A.S. (2020).

2.8.4. Cable Solar

Los cables solares están especialmente diseñados para su aplicación en instalaciones de energía solar. En contraste con los cables convencionales, estos están fabricados para resistir condiciones climáticas severas, como temperaturas elevadas, radiación UV directa y humedad elevada, garantizando un funcionamiento seguro y una duración extendida. Su conductor interno se fabrica con cobre electrolítico estañado, lo que potencia su conductividad eléctrica y evita la oxidación y corrosión provocadas por el contacto con el medio ambiente. (RS, 2024)

Estos cables poseen un aislamiento de doble, lo que les otorga una mayor resistencia ante elementos externos y previene daños causados por degradación solar o térmica. Además, están exentos de halógenos y hechos de materiales autoextinguibles, atributos cruciales para prevenir la propagación del fuego y la emisión de gases tóxicos en caso de un incendio. En contraposición, son unipolares, a diferencia del cableado habitual utilizado en corriente alterna, y no se producen en estructuras agrupadas como mangueras, puesto que están diseñados para funcionar en

sistemas de corriente continua (CC), el tipo de energía que producen los paneles solares. (AutoSolar Perú, s.f.)

Su función principal consiste en vincular los diferentes elementos del sistema fotovoltaico, paneles entre sí, inversores, baterías y controladores garantizando un flujo de energía eficaz y cumpliendo con las especificaciones técnicas necesarias de acuerdo con la potencia y voltaje del sistema instalado.

Figura 17 Cable solar



Nota. Los cables se encargan de trasladar los electrones mediante el conductor.
Fuente: AutoSolar Perú, (s.f.).

2.8.5 Sistema Puesto a Tierra

Los Sistemas Puestos a Tierra (SPT) en centrales fotovoltaicas son esenciales para garantizar la seguridad y el desempeño eficaz de la instalación. Su meta principal es cuidar contra choques de electricidad y/o problemas en la red de distribución, y también asegurar que funcionen bien los sistemas de seguridad y protección. Los elementos clave son enlaces equipotenciales y electrodos de conexión a tierra, los que aseguran que las partes metálicas del lugar tengan el mismo voltaje, bajando así el riesgo de cambios grandes en corriente.

El diseño del Sistema de Protección a tierra involucra la revisión del suelo, eleccionando y poniendo bien los electrodos además de asegurarse buen conexiones y uniones fuertes. También contiene la anotación del sistema para seguir las normas. Las ventajas de un sistema correcto son la seguridad de los empleados, la menor cantidad

de daños a los equipos y la continuidad en las tareas. Es muy importante crear una fuerte red de conexión a tierra para asegurar que las plantas solares sean seguras y trabajen bien. (Gutiérrez, 2024)

Figura 18 Sistemas Puesta a Tierra



Nota. La puesta a tierra se encarga de proteger el sistema de las corrientes parasitarias.
Fuente: Ávila, P. (17 de enero de 2020).

2.8.6 Pararrayos

Como su nombre sugiere, son equipos que “paran” los rayos. De hecho, no los detienen como si fueran un escudo, sino de manera muy distinta. Un pararrayos es un dispositivo de metálico cuyo propósito es atraer los rayos para dirigir la descarga eléctrica hacia la tierra, de manera que no provoque daños a los distintos elementos de la instalación fotovoltaica, a individuos o construcciones.

La industria pararrayos ha experimentado una evolución y mejora gracias a la tecnología, produciéndose diversos modelos. Cada uno tiene cosas que lo hacen bueno para diferentes usos o situaciones. Pero aunque se vean muy diferentes, todos usan el mismo principio básico, para su funcionamiento. Los pararrayos ionizan el aire debido a una tormenta que genera un campo eléctrico natural en el suelo. La meta es tomar los rayos que podrían caer en su radio de acción, protegiendo así una zona alrededor del pararrayos. (Carbonell, 2024)

Figura 19 Pararrayos



Nota. Existen distintos tipos de parrayos, y estos aplican según el requerimiento del sistema. **Fuente:** Promelsa, (12 de enero de 2024).

2.8.7. Protecciones

La protección en las instalaciones solares es esencial para asegurar la seguridad de las personas y del equipo, previniendo riesgos como descargas eléctricas, perjuicios por sobretensiones o incendios. Estos sistemas de protección también contribuyen a disminuir los gastos asociados a seguros y reparaciones futuras. Los dispositivos más empleados incluyen los descargadores de sobretensión, responsables de identificar y disipar picos de voltaje antes de que perjudiquen al sistema; los breakers (interruptores de circuito), que resguardan contra cortocircuitos y sobrecargas a través del corte automático del flujo eléctrico; y los fusibles, que bloquean el circuito al fundirse frente a corrientes demasiado altas.

Los seccionadores de corte posibilitan una rápida desconexión en caso de fallo, favoreciendo la reconexión subsiguiente sin necesidad de intervención manual. Se utilizan también interruptores diferenciales, los cuales identifican desbalances en la corriente y evitan sobrecargas, además de protecciones térmicas, creadas para prevenir daños causados por temperaturas elevadas en los componentes del sistema. (AutoSolar, s.f.c)

2.8.8. Etapa del Diseño

La etapa de diseño de un sistema solar fotovoltaico tiene algunos puntos importantes que hacen que funcione bien y su adaptación a las demandas y necesidades del usuario. En primer lugar, se hace un estudio detallado del consumo de energía actual para saber cuánto necesita el sistema. En segundo lugar, se miran las condiciones geográficas y del tiempo, especialmente la luz del sol, con el fin de saber dónde y cómo poner mejor los paneles. En tercer lugar, se elige el tipo de sistema on-grid, off-grid o híbrido, y se procede al dimensionamiento de sus elementos fundamentales: paneles, inversor, baterías (cuando se requiere almacenamiento), y reguladores de carga y cableado. Finalmente, se realiza una simulación técnica y económica del sistema a través de softwares especializados, garantizando de esta manera su factibilidad técnica, rentabilidad a largo plazo e instalación segura.

2.8.9. Cálculo Estructural

La estimación de la estructura es un componente crucial en el diseño de un sistema solar fotovoltaico, particularmente cuando los paneles se instalan sobre techos, estructuras de gran altura o superficies que requieren resistir cargas extra. Este estudio asegura que la estructura pueda soportar no solo el peso de los módulos solares, sino también impactos externos como el viento, la lluvia, la nieve (en determinadas zonas) y los terremotos. Se analizan los materiales, los ángulos de instalación, los anclajes y la distribución de cargas con el fin de prevenir deformaciones o daños en el futuro. Un diseño estructural apropiado garantiza la estabilidad del sistema, extiende su durabilidad y respeta las regulaciones técnicas actuales.

CAPÍTULO III:

3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.1. Generalidades

3.1.1. Antecedentes del proyecto

La planta híbrida térmica/fotovoltaica situada en la Isla Isabela, en el archipiélago de las Galápagos, tiene la responsabilidad de suministrar electricidad a los residentes locales y a los turistas. Esta central fue establecida con el propósito de reducir la utilización de combustibles fósiles y utilizar los recursos renovables existentes en la isla, en particular la energía solar.

Con el correr del tiempo, ha habido un aumento en la necesidad de electricidad por el aumento poblacional en Isabela y el crecimiento de la visita de turistas. Esto ha provocado que el sistema hoy tenga problemas para entregar toda la energía que se requiere de manera correcta, así que ha tenido que utilizar mucho más combustible diésel, lo que cuesta más y tiene un impacto dañino a el medio ambiente.

En este caso sale la necesidad de ver si se puede hacer mejor el sistema híbrido que tenemos. La propuesta tiene como objetivo potenciar el desempeño energético de la central, aumentando la utilización de energías renovables como la solar, con el fin de reducir el consumo de diésel y garantizar un servicio eléctrico más sustentable y alineado con la conservación del medio ambiente que define a las Galápagos.

3.1.2. Ubicación

La central híbrida térmica/fotovoltaica de la Isla Isabela se encuentra localizada en la provincia de las Galápagos, Ecuador. Esta central forma parte del sistema energético insular y está situada en el sector Puerto Villamil, al sureste de la isla.

Cuenta con un área aproximada de operación de 8000 m², destinada a la instalación de módulos fotovoltaicos, generadores térmicos y sistemas de almacenamiento.

La elevación del sitio se encuentra en torno a los 11 metros sobre el nivel del mar, lo cual es característico de esta región costera. Con coordenadas UTM Universal Transverse Mercator) bajo el sistema de referencia WGS 84(World Geodetic System, 1984) presenta los siguientes coordenadas: X: 722138.16, Y: 9895527.00

Figura 20 Ubicación Geográfica de la central híbrida

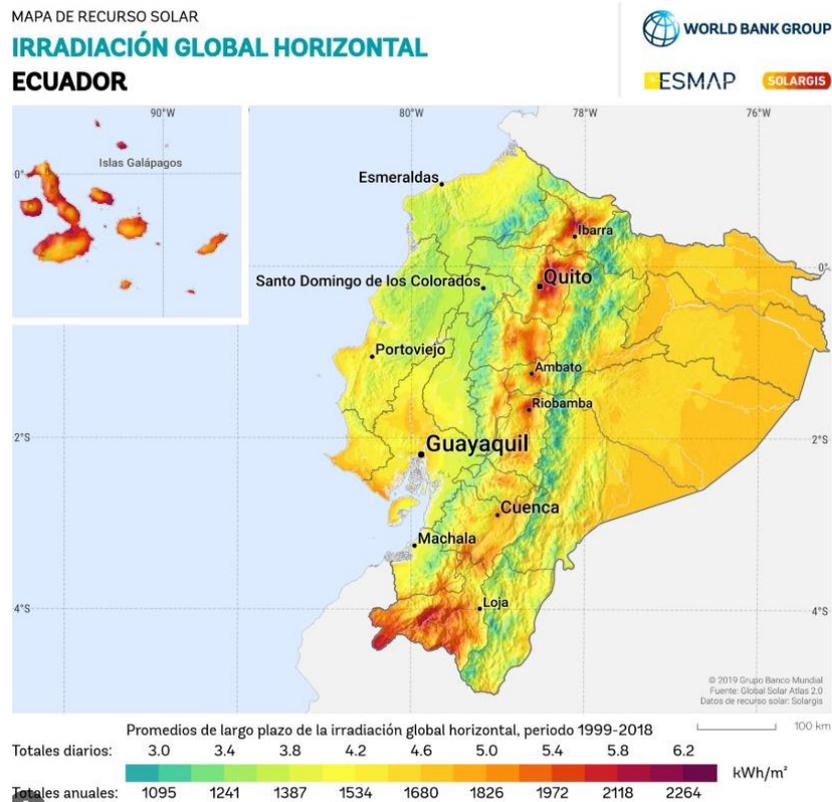


Nota: Central Híbrida Térmica/Fotovoltaica Isabela-Galápagos. **Fuente:** Google Earth 2025

3.1.3. Irradiación solar global promedio

La central híbrida Térmica/fotovoltaica, se encuentra ubicada en la provincia de Galápagos, por su locación presenta una irradiación de galápagos oscila desde los 5 hasta las 5.8 kWh/m² radiación global promedio en los últimos 12 años.

Figura 21 Mapa de irradiación solar global en galápagos

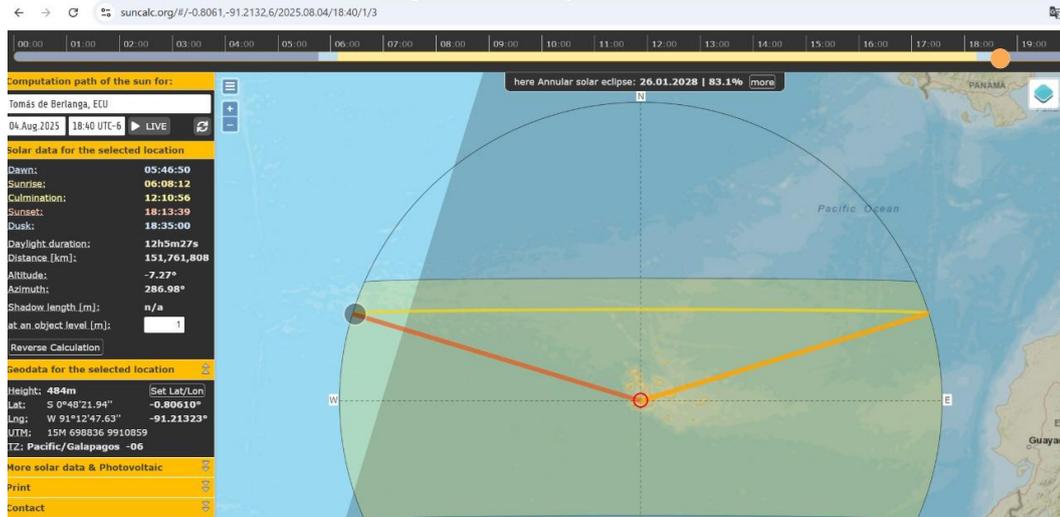


Nota: Detalle de niveles de radiación global máximos, mínimos y promedio según provincia. **Fuente:** OLADE, (2025).

3.1.3. Trayectoria Solar

De acuerdo con la ubicación geográfica de la isla Isabela, el sol sigue una trayectoria de Este a Oeste con una proyección solar promedio de 12 horas y 30 minutos al día. Sin embargo, dentro de ese rango solo alrededor de 5 horas y 30 minutos son consideradas como horas solares pico, comprendidas entre las 11:00 a.m. y las 4:30 p.m. Es importante destacar que la trayectoria solar varía su ángulo de proyección dependiendo de la época del año.

Figura 22 Trayectoria solar

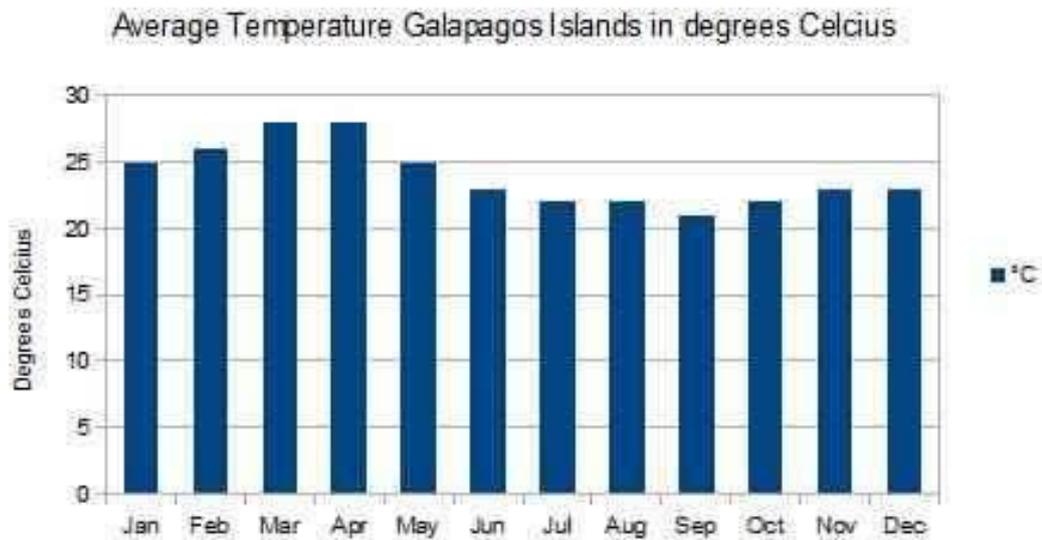


Nota. Esta figura muestra como el sol, cambia su ángulo de trayectoria. **Fuente.** SUNCALC, (2025).

3.1.4. Temperatura

La central híbrida térmica/fotovoltaica, De acuerdo con su localización, la central registra temperaturas promedio cercanas a los 24 °C. Los valores más elevados se presentan entre los meses de enero y abril, mientras que las temperaturas más bajas corresponden al periodo comprendido entre junio y octubre.

Figura 23 Temperatura Galápagos



Nota: Índice de temperaturamaxima, minima y promedio de la provincia de galapagos. **Fuente:** METEORONORM, (2024).

3.1.4. Demanda de energía

Se realizo un análisis de la demanda energética correspondiente al periodo de enero a diciembre de 2024, con el propósito de determinar el consumo mensual promedio en la isla Isabela, de esta manera, conocer su demanda sabiendo que la central Híbrida térmica/fotovoltaica labora de lunes a lunes en un periodo de 24 horas.

Tabla 1 Tabla de demanda mensual promedio

DEMANDA MENSUAL PROMEDIO			
1	<i>ene-24</i>	890	KW
2	<i>feb-24</i>	890	KW
3	<i>mar-24</i>	1.008,67	KW
4	<i>abr-24</i>	890	KW
5	<i>may-24</i>	890	KW
6	<i>jun-24</i>	771,333333	KW
7	<i>jul-24</i>	712	KW
8	<i>ago-24</i>	593,333333	KW
9	<i>sept-24</i>	593,333333	KW
10	<i>oct-24</i>	593,333333	KW
11	<i>nov-24</i>	652,666667	KW
12	<i>dic-24</i>	890	KW
DEMANDA PROMEDIO		781,22	KW

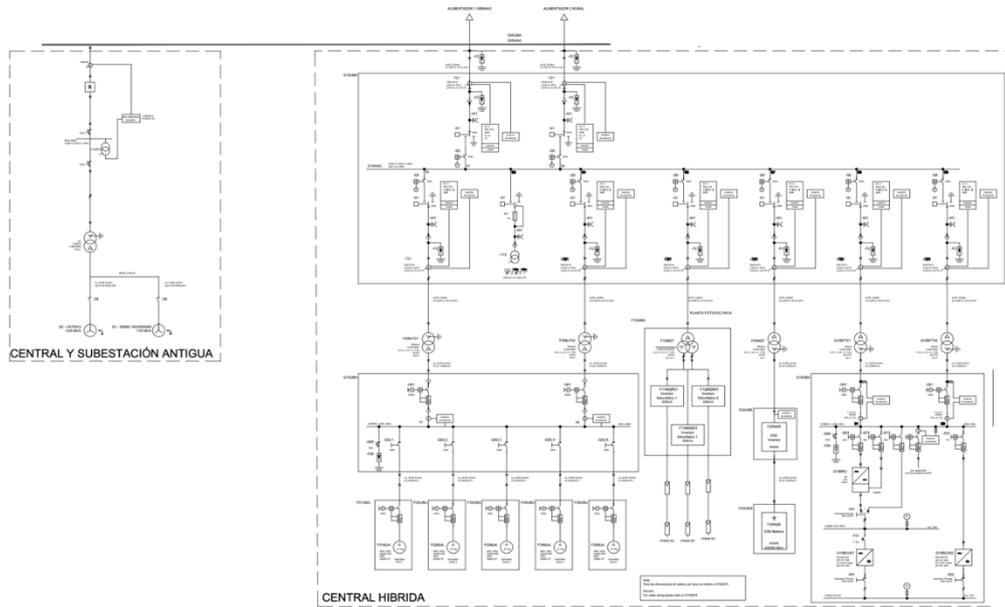
Nota: histórico de demanda mensual. **Fuente.** Autor

La tabla 1. Detalla la demanda mensual promedio es de 781,22 KW. Se puede evidenciar que los meses de mayor producción son los meses de enero, febrero, abril, mayo y diciembre, con un consumo de 890 KW.

3.1.5. Diagrama unifilar

La figura 24 muestra el diagrama unifilar del central híbrida térmica/fotovoltaica de isabela, detalla los equipos y elementos que conforman el sistema eléctrico actual.

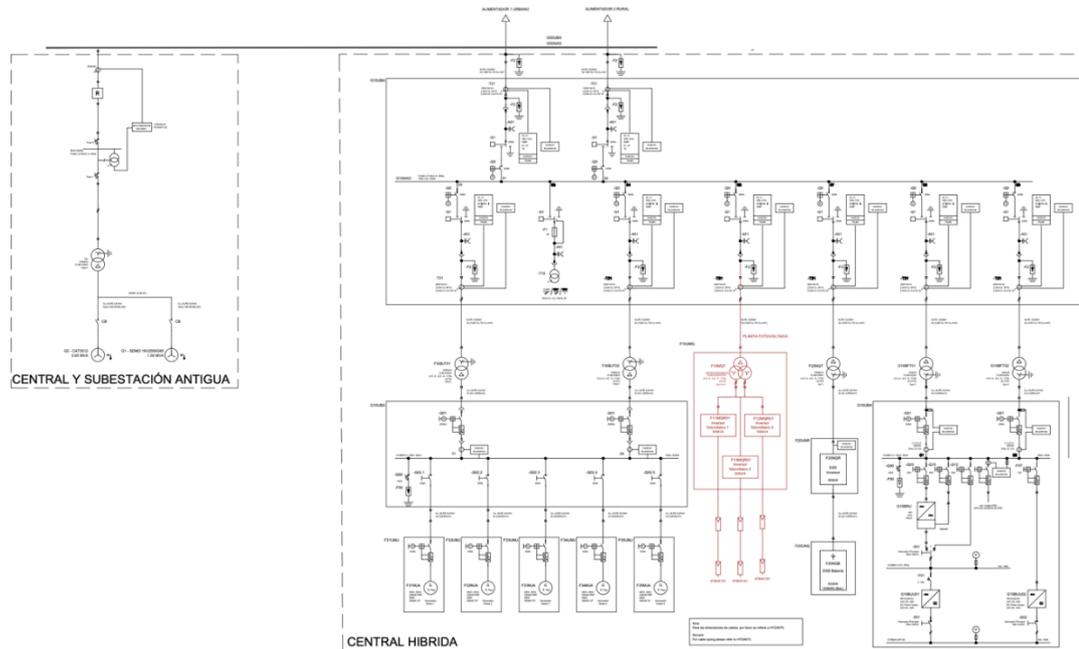
Figura 24 Diagrama unifilar 1



Nota. Elaboración propia.

La figura 24 muestra el desarrollo del diagrama unifilar del central híbrida térmica/fotovoltaica de isabela con repotenciación.

Figura 25 Diagrama unifilar 2



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 25 muestra la propuesta de repotenciación del sistema híbrido de Isabela. El cambio indicado en color rojo corresponde a la incorporación de un nuevo banco de transformadores de 1500 kVA, el cual permite ampliar la capacidad de transferencia de energía hacia la red de 13,8 kV. Asimismo, se adiciona un inversor trifásico de 500 kW conectado a un nuevo campo de módulos fotovoltaicos, con el fin de incrementar la generación renovable y optimizar la integración del recurso solar al sistema existente.

Estas adiciones hacen más fuerte el funcionamiento de la central, suben el uso de energía limpia y disminuyen la necesidad del respaldo térmico a diésel, ayudando a la sostenibilidad energética de la isla.

CAPÍTULO IV:

4. DISEÑO DEL SISTEMA

4.1. Generalidades

Este capítulo desarrolla el diseño eléctrico del subsistema fotovoltaico para la repotenciación de la central híbrida térmica/fotovoltaica en la isla Isabela, Galápagos. El propósito es aumentar el aporte de energía renovable y reducir la dependencia de generación diésel. Se incluyen cálculos teóricos, selección de equipos, disposición eléctrica, simulaciones con PVsyst y evaluación económica-técnica.

4.2. capacidad del generador

Para poder elegir adecuadamente el generador, es fundamental conocer la capacidad que tiene para producción. Esta capacidad se define dividiendo el consumo promedio diario entre las horas sol pico, tal como se muestra en la ecuación 1.

Ecuación 1 Generador fotovoltaico

$$\text{Generador fotovoltaico} = \text{demanda promedio fotovoltaica} * 0.5$$

$$\text{Generador Fotovoltaico} = 781,22 * 0.5 = 390,61\text{kw}$$

Como se puede observar, la potencia del generador fotovoltaico se calculó tomando como referencia la demanda promedio obtenida en la tabla 1. Para el dimensionamiento se aplicó un factor del 50%, con el fin de ajustar la capacidad instalada a condiciones prácticas de operación. Con este procedimiento se obtuvo que la potencia necesaria es un valor de 390,61 KW, valor que representa la potencia necesaria para cubrir de manera adecuada la demanda estimada.

4.3. Número de paneles fotovoltaicos

Una vez establecida la capacidad del generador, se procede a calcular el número de paneles fotovoltaicos requeridos para el sistema. Para este cálculo se emplea un factor de seguridad de 1,20, lo que permite sobredimensionar la instalación y garantizar un adecuado funcionamiento frente a posibles variaciones en la radiación solar. La ecuación 2 muestra el número de paneles que se necesita para la producción de la energía.

Ecuación 2 Numero de paneles fotovoltaicos

$$\text{Numero de Panel Fotovoltaico} = \frac{\text{Potencia del Generador} \times \text{Factor de seguridad}}{\text{Potencia unitaria de un panel}}$$

$$\text{Generador Fotovoltaico} = \frac{390,610 \times 1,20}{550 \text{ W}} = 850 \text{ Paneles}$$

De acuerdo con la ecuación 2, el número de paneles se obtiene dividiendo la potencia total del generador ajustada con el factor de seguridad entre la potencia unitaria de cada módulo, como resultado, se obtiene un total de 850 paneles requeridos para satisfacer la demanda estimada.

4.4. Inversor

Para la selección del inversor es necesario considerar que este dispositivo pertenece al grupo de convertidores de energía. En este proceso se producen pérdidas de hasta un 20%, motivo por el cual se recomienda sobredimensionar el equipo para garantizar la producción de energía requerida. La ecuación 3 demuestra el cálculo correspondiente

Ecuación 3 Potencia del inversor

$$\text{Potencia del Inversor} = \text{Potencia del generador} \times 1.2$$

$$Potencia\ del\ Inversor = 390,61kW \times 1,20 = 468kW$$

$$Potencia\ del\ Inversor \approx 500kW$$

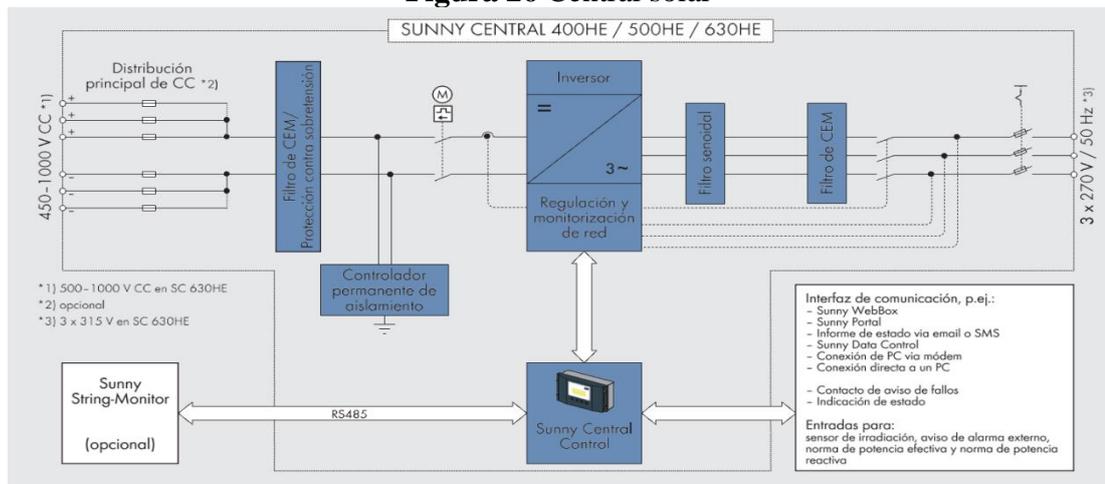
De acuerdo con la ecuación 3, el valor obtenido para la potencia del inversor considerando las pérdidas por conversión es de **468 kW**; sin embargo, para este sistema se selecciona un inversor de **500 kW**, el cual cubre con suficiencia las necesidades energéticas del proyecto.

4.4. Conexiones eléctricas

4.4.1. Conexiones en corriente continua

Las conexiones en corriente continua forman parte del enlace eléctrico que integra los módulos fotovoltaicos con el inversor principal. Para el presente proyecto se optó por un inversor trifásico de categoría industrial marca SMA, modelo Sunny Central 500HE, el cual cuenta con una capacidad nominal de 500 kW y una potencia aparente equivalente de 500 kVA. La figura correspondiente muestra la topología del inversor, detallando las principales etapas de conversión y protección del equipo.

Figura 26 Central solar



Nota. Elaboración propia.

El inversor opera con una potencia nominal de entrada en corriente continua de 509 kW y un rango de tensión MPPT que oscila entre 450 V y 820 V, lo cual le permite adaptarse a diferentes condiciones de irradiación y temperatura en los módulos. El voltaje máximo de operación en corriente continua es de 1000 V, mientras que la corriente total admisible alcanza los 1242 A, garantizando así un margen adecuado de seguridad eléctrica en el sistema.

En cuanto a la salida en corriente alterna, el equipo trabaja con un voltaje nominal de 270 V, frecuencia de 50/60 Hz, y admite una corriente máxima de 1070 A. Dichas especificaciones aseguran la correcta sincronización con la red de distribución y la capacidad de entregar de forma estable la energía generada

Tabla 2 Ficha del inversor

Marca:	SMA
Modelo:	Sunny Central 500HE
ENTRADA DC	
Potencia Nominal:	509KW
Máximo voltaje:	1000V
Potencia máxima de CC	560 kWp1)
corriente continua máx..	1242 A
Rango de voltaje MPPT:	450/820V
Número de entradas DE CC	(8+8)+2 DCHV
SALIDA AC	
Potencia activa Nominal:	500KW
Potencia aparente nominal:	500KVA
Voltaje nominal:	270V
Frecuencia:	50/60Hz
Corriente Máxima:	1070A

Nota. Elaboración propia.

El inversor cuenta con un número elevado de entradas de corriente continua distribuidas en 16 seguidores del punto de máxima potencia (MPPT), organizados en

cadenas de módulos conectados en serie y paralelo. Esto permite una gestión eficiente de la energía, incluso ante condiciones de sombreado parcial o variaciones de irradiancia en determinados sectores del campo solar.

La siguiente tabla muestra la configuración de cada MPPT, indicando la potencia unitaria de los módulos, el número de cadenas por entrada, el voltaje nominal de operación y la corriente respectiva.

Tabla 3 Dimensionamiento de las entradas DC

ENTRADA DC	CONEXIÓN	POTENCIA UNITARIA (W)	CADENAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (I)	POTENCIA TOTAL (W)
MPPT 01	SERIE	550	12	503,52		283800
	PARALELO		43		550,62	
MPPT 02	SERIE	550	12	503,52		283800
	PARALELO		43		550,62	
MPPT 03	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 04	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 05	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 06	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 07	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 08	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 09	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 10	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 11	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 12	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 13	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 14	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 15	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
MPPT 16	SERIE	550	12	503,52		277200
	PARALELO		42		550,62	
POTENCIA TOTAL DC (W)						4448400

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla, cada MPPT está conformado por 12 módulos en serie, entregando un voltaje aproximado de 503,52 V, y múltiples cadenas en paralelo (42 o

43 según el caso), lo que permite alcanzar corrientes superiores a los 550 A por agrupación. La potencia total aportada por cada MPPT se ubica alrededor de 277,2 kW a 283,8 kW, dependiendo del número de cadenas paralelas asignadas.

Finalmente, la suma de todas las entradas DC otorga una potencia total en corriente continua de 4.448,4 kW, valor que se encuentra en concordancia con la capacidad nominal del inversor y garantiza la correcta operación del sistema bajo condiciones de máxima radiación solar.

4.5. Soportería

4.5.1. Área del generador

El cálculo del área del generador fotovoltaico facilita la determinar el espacio necesario para la instalación de todos los módulos solares. En esta investigación, el área se determina multiplicando el total de paneles fotovoltaicos por el área unitaria de cada módulo.

Ecuación 4 Área del generador

$$\text{área del generador} = n \text{ paneles fotovoltaicos} \times \text{area unitaria por panel}$$

$$\text{área del generador} = 850 \times 2,45\text{m}^2 = 2085.5 \text{ m}^2$$

La ecuación señala que el área que se obtiene con la cantidad de módulos y el tamaño individual de cada uno. Según la información proporcionada, el sistema fotovoltaico ocupa una zona específica que garantiza la adecuada instalación de los equipos sin alterar la resistencia estructural del lugar.

4.5.2. Área de mantenimiento

El área de mantenimiento se refiere al espacio vacío que debe dejarse entre las filas de módulos solares para que el personal técnico pueda realizar tareas de funcionamiento y mantenimiento de manera segura. Este valor se expresa en metros cuadrados y se añade al área total del generador para calcular la superficie real del sistema.

Ecuación 5 Área de mantenimiento

$$\text{área de mantenimiento} = \text{area del generador} \times 0,10$$

$$\text{área de mantenimiento} = 2085.5 \times 0,1 = 208,25 \text{ m}^2$$

La ecuación resalta la importancia de contar con pasillos de acceso adecuados, que facilitan la limpieza, revisión y reemplazo de equipos si se es necesario.

4.5.3. Área real del sistema propuesto

El área real del sistema se determina con el área del generador menos el área de mantenimiento. De esta manera, se obtiene la superficie total necesaria para la instalación del campo solar

Ecuación 6 Área real del sistema propuesto

$$2085.5 - 208,25 = 1874.25 \text{ m}^2$$

Este resultado garantiza que el diseño no solo tenga en cuenta el espacio de los módulos, sino también las separaciones requeridas para las pruebas de funcionamiento.

4.8. Elementos de fijación y anclaje

Después de conocer el área de generador, área de mantenimiento y el área real de sistema, se determinan la distribución de los elementos de fijación y anclaje

Tabla 4 Cantidad de soportaría necesaria

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Riel aluminio 4.22	u.	140
Grapa final	u.	120
Grapa media	u.	1580
Grapa puesta a tierra	u.	30
Anclaje tipo L	u.	180

Nota. Elaboración propia.

La tabla muestra que para el montaje del sistema se necesitan perfiles de aluminio, grapas de sujeción, conectores de puesta a tierra y anclajes tipo L. Cada uno de estos elementos cumple una función esencial: las grapas permiten fijar los módulos de forma segura, los anclajes garantizan la resistencia mecánica frente a cargas de viento, y los conectores a tierra proporcionan seguridad eléctrica.

4.9. Sistema puesto a tierra

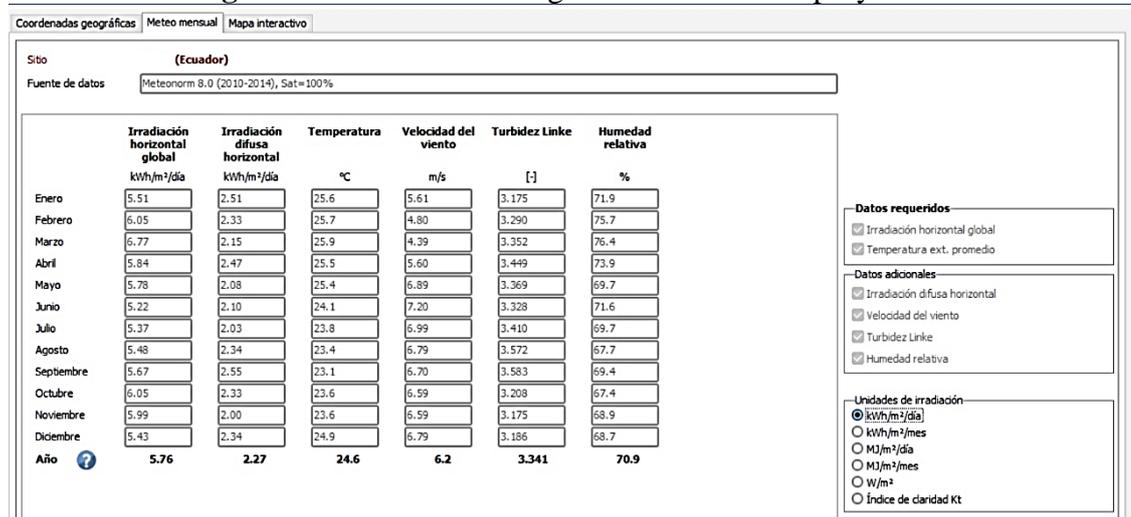
Pese que en la isla isabela no existen descargas atmosféricas se propone instalar un sistema puesto a tierra utilizando la normativa IEEE80 debido a que el sistema

propuesto es un generador fotovoltaico y como generador necesita tener una tierra independiente.

4.10. Dimensionamiento del sistema mediante software PVsyst

PVsyst es un software especializado en el diseño y simulación de sistemas fotovoltaicos, que permiten analizar pérdidas, producción energética, sombreado y viabilidad de proyectos fotovoltaicos. (PartnerESI, 2023) Es una de las herramientas más usadas en la industria para estudios técnicos y económicos

Figura 27 Datos meteorológicos mensuales del proyecto



Nota. Elaboración propia.

La figura 27 muestra que la irradiación horizontal global promedio del proyecto es de 5.76kWh/m²/día, la radiación difusa horizontal promedio es de 1,98KWh/m²/día, la temperatura promedio de 24.6°C, la velocidad del viento de 6.2m/s, la turbidez linke de 3.341., y la humedad relativa de 70.9%

Figura 28 Distribución horaria de la energía generada

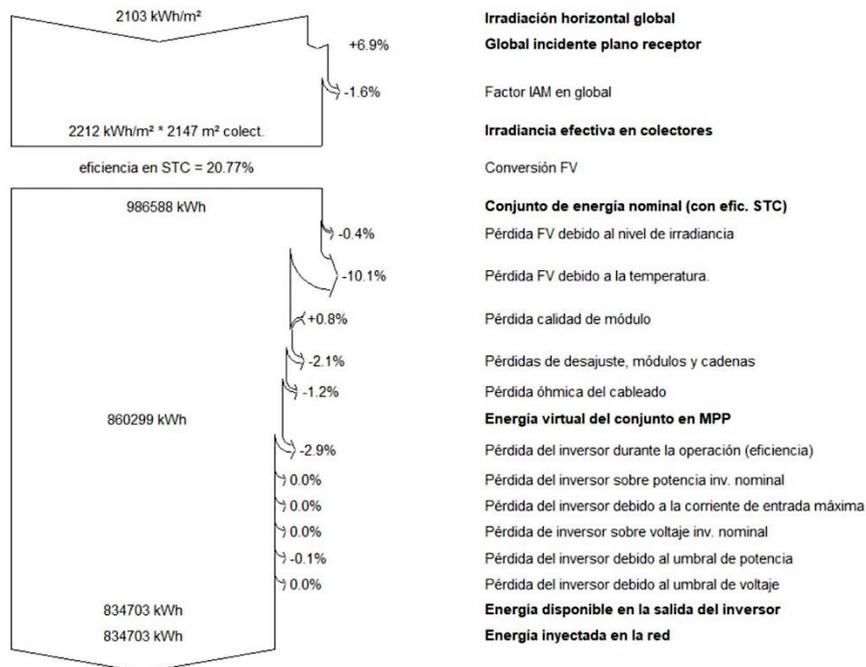
Nueva variante de simulación
Sumas mensuales por hora para E_Grid [MWh]

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Enero	0	0	0	0	0	0	0	3	6	8	9	9	9	8	7	6	4	2	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	2	5	7	8	9	9	8	7	5	4	1	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	3	6	8	10	10	10	10	9	7	4	1	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	3	6	7	9	9	9	8	7	5	3	1	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	4	6	8	9	10	10	9	8	6	4	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	3	6	7	8	8	9	8	7	6	4	2	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	3	5	7	8	9	9	8	8	6	4	2	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	3	5	7	8	9	9	8	6	4	1	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	3	6	7	8	8	8	8	7	5	3	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	1	4	6	8	9	9	9	8	7	6	3	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	2	5	7	8	9	9	9	8	7	6	3	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	1	4	6	7	8	9	9	8	7	6	3	1	0	0	0	0	0	0
Año	0	0	0	0	0	0	5	40	69	90	104	108	108	101	88	68	42	12	0	0	0	0	0	0

Nota. Elaboración propia.

La figura 28 presenta la suma mensual de energía inyectada a la red en intervalos horarios. Se observa que la mayor generación de con se concentra entre las 10 y las 14:00 h, alcanzando el pico máximo al mediodía, lo que coincide con la mayor disponibilidad de radiación solar. Esto confirma que la planta fotovoltaica aprovechará de manera más eficiente las horas solares pico en la isla isabela.

Figura 29 Diagrama de pérdidas del sistema fotovoltaico
Diagrama de pérdida para "Nueva variante de simulación" - año

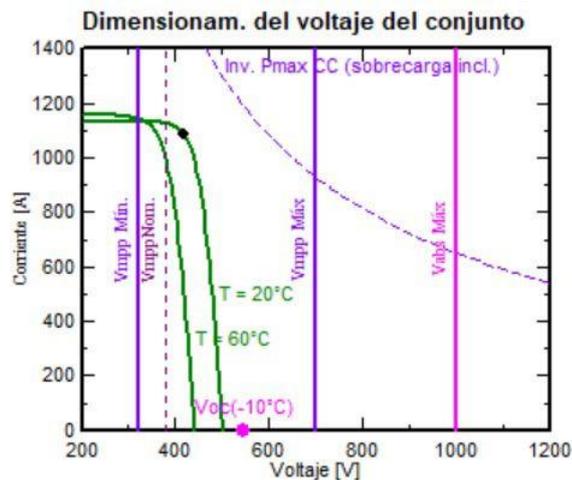


Nota. Elaboración propia.

Gif muestra el balance energético de la simulación anual, donde a partir de una irradiación horizontal global de 2103 kWh/m², el sistema alcanza una energía

inyectada a la red de 834.703 kWh. Se evidencia pérdidas principales por temperatura (-10,1 %), cableado (-2,1 %) y calidad de módulo (-1,2 %). No obstante, el rendimiento global del conjunto se mantiene dentro de parámetros aceptables para la repotenciación del sistema.

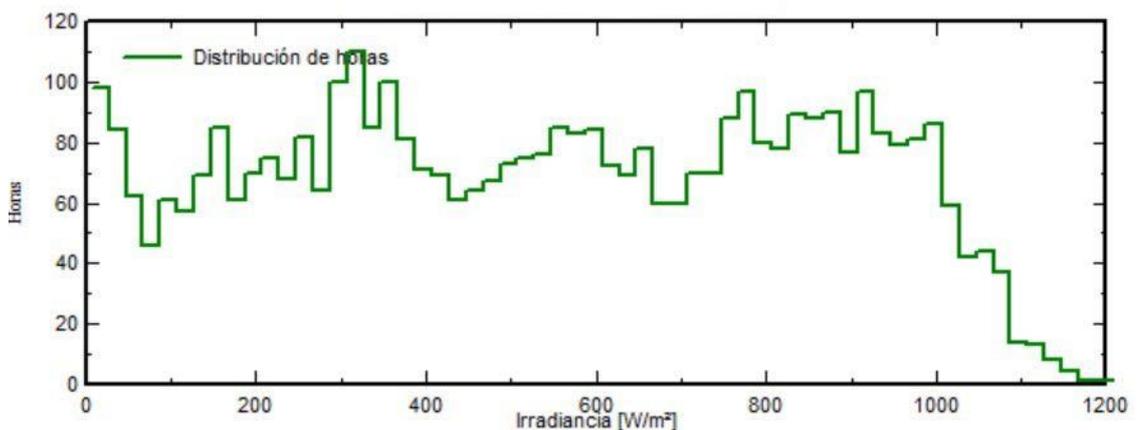
Figura 30 curvas de dimensionamiento del voltaje del conjunto



Nota. Elaboración propia.

La figura 30 muestra las líneas de voltaje y corriente del sistema para diferentes temperaturas. Se ve que el voltaje sin carga baja con temperaturas altas (60 °C) y sube cuando están bajas (-10 °C). Esta conexión es muy importante para asegurar que el inversor funcione en los rangos seguros de voltaje y corriente, evitando pérdidas por exceso de tamaño o peligro de cortes.

Figura 31 distribución de irradiancia horaria.



Nota. Elaboración propia.

La figura 31 muestra la distribución de horas de irradiancia a lo largo del año. Se observa que la mayor parte del tiempo la irradiancia se encuentra en valores entre 600 y 1000 W/m², condición favorable para mantener una generación continua. Los picos más altos superan los 1000 W/m², lo que asegura que el sistema pueda alcanzar su potencia nominal en varias horas del día.

Figura 32 dimensionamiento de potencia: salida del inversor



Nota. Elaboración propia.

La figura 32 detalla la distribución de la energía generada respecto a la capacidad nominal del inversor. Se aprecia que la mayor parte de la operación se mantiene cercana a la potencia nominal en condiciones STC, asegurando un buen aprovechamiento del equipo. La curva confirma que la selección del inversor es adecuada y que las pérdidas por sobredimensionamiento son mínimas.

Figura 33 Balances y resultados principales del sistema fotovoltaico

Balances y resultados principales								
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	proporción
Enero	170.9	77.94	25.61	187.4	184.3	71.37	69.22	0.830
Febrero	169.3	65.35	25.67	177.0	174.1	67.12	65.13	0.827
Marzo	209.8	66.55	25.91	211.0	207.2	79.57	77.23	0.822
Abril	175.3	74.08	25.45	181.7	178.4	69.24	67.16	0.830
Mayo	179.2	64.51	25.44	196.7	194.2	75.14	72.88	0.832
Junio	156.7	62.89	24.09	180.2	177.6	69.60	67.55	0.842
Julio	166.6	63.07	23.81	188.3	185.6	72.56	70.44	0.840
Agosto	170.0	72.57	23.42	179.5	176.5	69.33	67.25	0.842
Septiembre	170.1	76.47	23.08	171.6	168.2	66.30	64.30	0.842
Octubre	187.5	72.14	23.62	191.9	188.3	73.56	71.38	0.836
Noviembre	179.6	59.96	23.59	195.4	192.4	74.66	72.43	0.832
Diciembre	168.3	72.57	24.93	188.1	185.1	71.84	69.71	0.832
Año	2103.3	828.10	24.55	2248.7	2211.9	860.30	834.70	0.834

Nota. Elaboración propia.

La figura 33 presenta la generación anual estimada del sistema fotovoltaico, obteniendo una **energía efectiva de 860,30 MWh** y una **energía inyectada a la red de 834,70 MWh**. El sistema alcanza un **rendimiento promedio del 83,4 %**, trabajando bajo una **temperatura ambiente promedio de 24,55 °C**.

CAPÍTULO V:

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. Estudio económico

El estudio económico es un componente esencial en la viabilidad del proyecto, pues facilita la determinación de si la repotenciación de la planta híbrida térmica/fotovoltaica en Isabela es factible desde la perspectiva financiera y técnica. Este análisis toma en cuenta tanto los gastos directos de compra e instalación de equipamiento, como los gastos indirectos vinculados a la logística de transporte hacia las islas Galápagos, donde la repartición de materiales se basa en la llegada regular de embarcaciones cada 15 a 20 días.

En este contexto, la evaluación económica tiene como objetivo determinar la relación entre costos y beneficios del sistema, teniendo en cuenta que estos proyectos en la región insular no solo se financian mediante fondos del gobierno, sino también a través de contribuciones de organismos internacionales, cooperación extranjera y de la propia empresa Elecgalápagos.

Tabla 5 Presupuesto

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Panel solar monocristalino Bifasial 550W	u.	850	\$ 210,60	\$ 179.010,00
2	Conector MC4 par macho/hembra	u.	60	\$ 9,36	\$ 561,60
3	Estructura para panel incluye: Riel aluminio 4.24m	u.			\$ -
3.1	Riel aluminio 4.22m	u.	140	\$ 45,63	\$ 6.388,20
3.2	Grapa final	u.	120	\$ 6,55	\$ 786,24
3.3	Grapa media	u.	1580	\$ 6,55	\$ 10.352,16
3.4	Grapa puesta a tierra	u.	30	\$ 12,87	\$ 386,10
3.4	Anclaje tipo L	u.	180	\$ 10,53	\$ 1.895,40
4	Inversor solar On Grid tipo Cental de 500kW	u.	1	\$ 52.065,00	\$ 52.065,00
5	Sistema puesta a tierra para aterrizar los paneles fotovoltaicos	Glb.	1	\$ 4.680,00	\$ 4.680,00
5	Pararrayos incluye mastil de 6 metros, bajante y conexiones bimetálicas	Glb.	5	\$ 2.457,00	\$ 12.285,00
6	Acometida DC F#8+ N#8 superflex, incluye canalización y soporteria	m	1200	\$ 7,02	\$ 8.424,00
7	Tablero TD-IN-DC incluye protecciones	u.	1	\$ 936,00	\$ 936,00
8	Tablero TD-OU-AC incluye protecciones	u.	1	\$ 3.884,40	\$ 3.884,40
10	Transformador 600KVA tipo seco 440/220 -127V	u	1	\$ 17.550,00	\$ 17.550,00
10	Acometida AC desde Tablero AC hasta transformador 3x3#500+N#500+T#500	m	10	\$ 368,78	\$ 3.687,84
10	Acometida AC desde Tablero AC hast transformador 3x3#500+N#500+T#500	m	10	\$ 368,78	\$ 3.687,84
10	Instalacion y puesta en marcha del sistema fotovoltaico	u	1	\$ 56.340,40	\$ 56.340,40
10	Diseño y comisionamiento	u	1	\$ 2.100,00	\$ 2.100,00

SUBTOTAL:	\$ 365.020,18
IVA 15%:	\$ 27.901,53
DESCUENTO:	
TOTAL:	\$ 392.921,70

Departamento de Proyectos

Ing. Electrico

Nota. Elaboración propia.

5.2. Tiempo de ejecución

La experiencia adquirida en proyectos previos con características similares en la isla Isabela demuestra que el periodo de realización puede prolongarse debido a la complejidad del traslado. A pesar de que el proyecto anterior de instalación de sistema fotovoltaico tomó aproximadamente un año para finalizar, en esta ocasión, al tratarse de una repotenciación y no a una construcción desde el inicio, se prevé que el tiempo podría ser reducido.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los barcos que suministran a las Galápagos llevan carga variada (como alimentos, materiales de construcción, combustibles, entre otros) y que no todo el material necesario puede ser transportado en un único envío. Este componente logístico anticipa que la implementación se puede extender entre 8 y 10 meses, teniendo en cuenta las etapas de transporte, instalación y pruebas de funcionamiento.

5.3. Beneficios técnicos

La repotenciación del sistema híbrido permitirá:

- Aumentar la presencia de energía solar en la matriz energética de la isla.
- Disminuir la necesidad del diésel, reduciendo los gastos de importación y el peligro de contaminación por derrames.
- Optimizar la estabilidad del sistema eléctrico y garantizar un abastecimiento seguro para la población y el sector turístico.
- Contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a la preservación del ecosistema de las Galápagos.

- Evitar aproximadamente 537,3 toneladas de CO₂ equivalente al año, de acuerdo con las simulaciones en PVsyst y el factor oficial de emisiones del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador(MAATE).
- Ampliar la durabilidad del sistema a través de la adopción de dispositivos más eficaces y actuales.

CONCLUSIONES

La repotenciación de la planta híbrida térmica/fotovoltaica en la isla Isabela se considera como un proyecto viable tanto técnico como económico. Con una inversión de aproximadamente 393 mil dólares, se pretende mejorar el sistema eléctrico local instalando equipos más eficientes y con mayor capacidad.

El sistema diseñado que incluye 850 paneles y un inversor central de 500 kW facilitará una mayor entrega de energía limpia a la red, disminuyendo el uso del diésel y, de esta manera, los efectos ambientales adversos relacionados con el uso de combustibles fósiles.

La logística del transporte marítimo presenta un reto significativo que debe tenerse en cuenta el plan de implementación; sin embargo, al tratarse de una repotenciación y no de una instalación del sistema completamente nueva, el tiempo necesario para la instalación será menor al de proyectos anteriores.

Por último, el financiamiento mixto que proviene del Gobierno del Ecuador, Elecgalápagos y apoyo internacional (como el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, la colaboración alemana Deutsche Zusammenarbeit y la KfW) fortalece la viabilidad del proyecto, asegurando que su implementación cuente con un sustento económico sólido y sostenible.

Por último, se estima que la implementación del sistema permitirá evitar aproximadamente 537,3 toneladas de CO₂ equivalente al año, contribuyendo de manera significativa a la mitigación del cambio climático y a la preservación del ecosistema de Galápagos.

RECOMENDACIONES

Se aconseja organizar de forma efectiva el transporte gradual de los equipos, asegurando que arriben según el plan establecido y en perfectas condiciones para su correcta instalación, en particular los paneles solares y los inversores.

Se sugiere implementar un monitoreo técnico constante durante la fase de instalación para disminuir posibles inconvenientes y prevenir fallos en el ensamblaje, garantizando que los equipos funcionen correctamente. Asimismo, se recomienda mantener la vinculación con organismos de cooperación internacional, ya que esto disminuye la carga financiera del Estado y facilita la ejecución de proyectos sostenibles en áreas protegidas.

Se recomienda implementar una evaluación ambiental constante que permita verificar que la repotenciación no afecte a la biodiversidad local y que las acciones se mantengan alineadas con las políticas de conservación vigentes en las Galápagos.

Anexos

Anexo 1 Informe Pvsyst



Versión 7.2.6

PVsyst - Informe de simulación

Sistema conectado a la red

Proyecto: PLANTA HIBRIDA ISABELA

Variante: Nueva variante de simulación

Sin escena 3D definida, sin sombras

Potencia del sistema: 445 kWp

 Ecuador

| Autor(a)



Proyecto: PLANTA HIBRIDA ISABELA

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.6

VC0, Fecha de simulación:
05/08/25 15:51
con v7.2.6

Resumen del proyecto

Sitio geográfico	Situación	Configuración del proyecto
Ecuador	Latitud -0.95 °S Longitud -90.96 °W Altitud 8 m Zona horaria UTC-6	Albedo 0.20
Datos meteo	Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético	

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red	Sin escena 3D definida, sin sombras	Necesidades del usuario
Orientación campo FV Plano de rastreo, eje horizontal E-O Azimut normal al eje 0 °	Sombreados cercanos Sin sombreados	Carga ilimitada (red)
Información del sistema	Inversores	
Conjunto FV		
Núm. de módulos 840 unidades	Núm. de unidades 1 Unidad	
Pnom total 445 kWp	Pnom total 500 kWca	
	Proporción Pnom 0.890	

Resumen de resultados

Energía producida 834.7 MWh/año	Producción específica 1875 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR 83.38 %
---------------------------------	--	-----------------------------

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del conjunto FV, Pérdidas del sistema.	3
Resultados principales	4
Diagrama de pérdida	5
Gráficos especiales	6



Proyecto: PLANTA HIBRIDA ISABELA

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.6

VC0, Fecha de simulación:
05/08/25 15:51
con v7.2.6

Parámetros generales

Sistema conectado a la red	Sin escena 3D definida, sin sombras	
Orientación campo FV	Configuración de rastreadores	Modelos usados
Orientación	Sin escena 3D definida	Transposición Perez
Plano de rastreo, eje horizontal E-O		Difuso Perez, Meteonorm
Azimut normal al eje 0 °		Circunsolar separado
Horizonte	Sombreados cercanos	Necesidades del usuario
Horizonte libre	Sin sombreados	Carga ilimitada (red)

Características del conjunto FV

Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Neosun Energy	Fabricante	Generic
Modelo	Neosun NS-530M-144-M8	Modelo	500 kWac inverter
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	530 Wp	Unidad Nom. Potencia	500 kWca
Número de módulos FV	840 unidades	Número de inversores	1 unidad
Nominal (STC)	445 kWp	Potencia total	500 kWca
Módulos	84 Cadenas x 10 En series	Voltaje de funcionamiento	320-700 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Proporción Pnom (CC:CA)	0.89
Pmpp	407 kWp	Potencia total del inversor	
U mpp	373 V	Potencia total	500 kWca
I mpp	1090 A	Núm. de inversores	1 Unidad
Potencia FV total		Proporción Pnom	0.89
Nominal (STC)	445 kWp		
Total	840 módulos		
Área del módulo	2147 m²		
Área celular	2003 m²		

Pérdidas del conjunto

Factor de pérdida térmica	Pérdidas de cableado CC	Pérdida de calidad módulo						
Temperatura módulo según irradiancia	Res. conjunto global 5.7 mΩ	Frac. de pérdida -0.8 %						
Uc (const) 20.0 W/m²K	Frac. de pérdida 1.5 % en STC							
Uv (viento) 0.0 W/m²K/m/s								
Pérdidas de desajuste de módulo	Pérdidas de desajuste de cadenas							
Frac. de pérdida 2.0 % en MPP	Frac. de pérdida 0.1 %							
Factor de pérdida IAM								
Efecto de incidencia (IAM): Recubrimiento Fresnel AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



Proyecto: PLANTA HIBRIDA ISABELA

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.6

VC0, Fecha de simulación:
05/08/25 15:51
con v7.2.6

Resultados principales

Producción del sistema

Energía producida

834.7 MWh/año

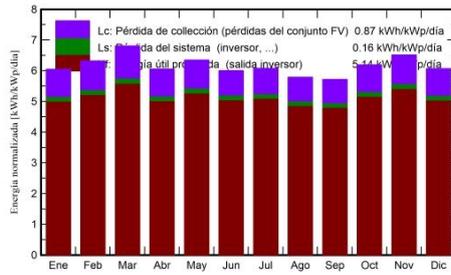
Producción específica

1875 kWh/kWp/año

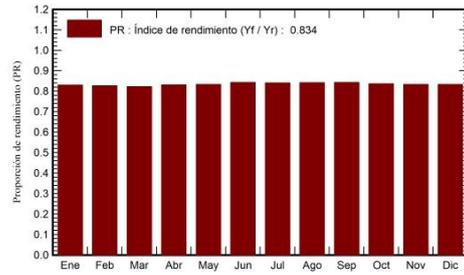
Proporción de rendimiento (PR)

83.38 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR proporción
Enero	170.9	77.94	25.61	187.4	184.3	71.37	69.22	0.830
Febrero	169.3	65.35	25.67	177.0	174.1	67.12	65.13	0.827
Marzo	209.8	66.55	25.91	211.0	207.2	79.57	77.23	0.822
Abril	175.3	74.08	25.45	181.7	178.4	69.24	67.16	0.830
Mayo	179.2	64.51	25.44	196.7	194.2	75.14	72.88	0.832
Junio	156.7	62.89	24.09	180.2	177.6	69.60	67.55	0.842
Julio	166.6	63.07	23.81	188.3	185.6	72.56	70.44	0.840
Agosto	170.0	72.57	23.42	179.5	176.5	69.33	67.25	0.842
Septiembre	170.1	76.47	23.08	171.6	168.2	66.30	64.30	0.842
Octubre	187.5	72.14	23.62	191.9	188.3	73.56	71.38	0.836
Noviembre	179.6	59.96	23.59	195.4	192.4	74.66	72.43	0.832
Diciembre	168.3	72.57	24.93	188.1	185.1	71.84	69.71	0.832
Año	2103.3	828.10	24.55	2248.7	2211.9	860.30	834.70	0.834

Leyendas

GlobHor Irradiación horizontal global

DiffHor Irradiación difusa horizontal

T_Amb Temperatura ambiente

GlobInc Global incidente plano receptor

GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados

EArray Energía efectiva a la salida del conjunto

E_Grid Energía inyectada en la red

PR Proporción de rendimiento



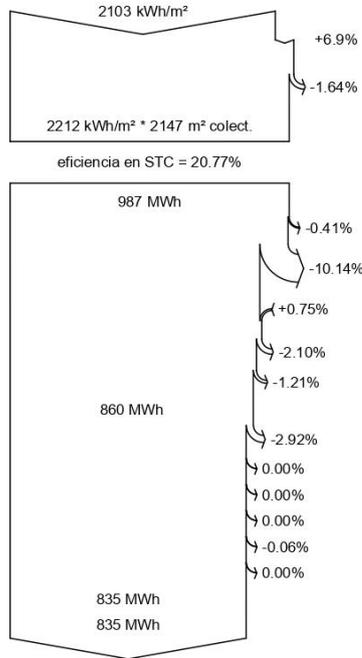
Proyecto: PLANTA HIBRIDA ISABELA

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.6

VC0, Fecha de simulación:
05/08/25 15:51
con v7.2.6

Diagrama de pérdida



Irradiación horizontal global

Global incidente plano receptor

Factor IAM en global

Irradiancia efectiva en colectores

Conversión FV

Conjunto de energía nominal (con efic. STC)

Pérdida FV debido al nivel de irradiancia

Pérdida FV debido a la temperatura.

Pérdida calidad de módulo

Pérdidas de desajuste, módulos y cadenas

Pérdida óhmica del cableado

Energía virtual del conjunto en MPP

Pérdida del inversor durante la operación (eficiencia)

Pérdida del inversor sobre potencia inv. nominal

Pérdida del inversor debido a la corriente de entrada máxima

Pérdida de inversor sobre voltaje inv. nominal

Pérdida del inversor debido al umbral de potencia

Pérdida del inversor debido al umbral de voltaje

Energía disponible en la salida del inversor

Energía inyectada en la red



Proyecto: PLANTA HIBRIDA ISABELA

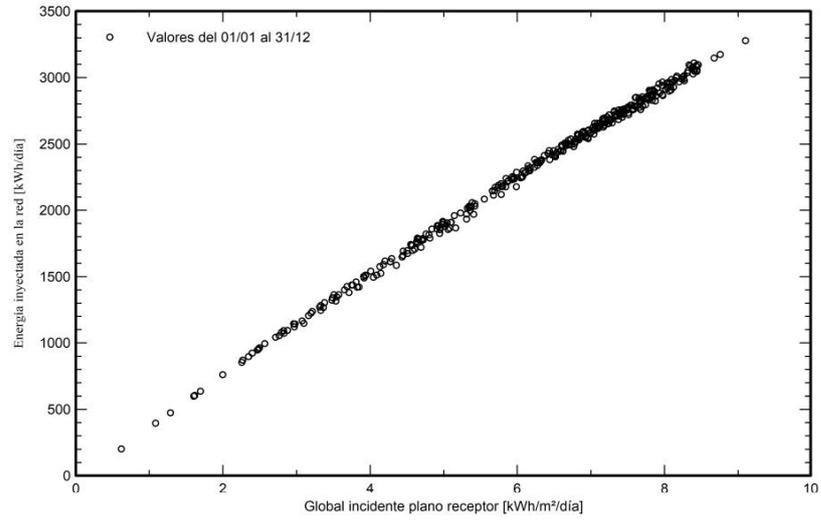
Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.6

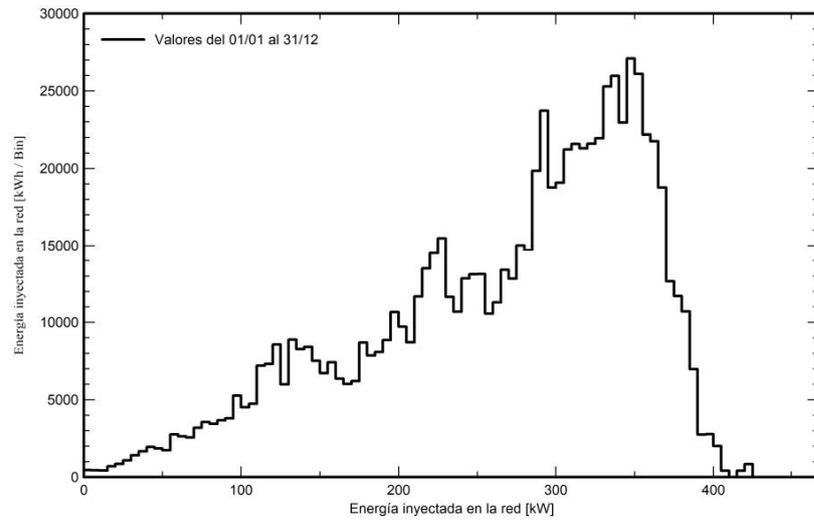
VC0, Fecha de simulación:
05/08/25 15:51
con v7.2.6

Gráficos especiales

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema



Referencias

- Alusín Solar (2025). *¿Cuáles son los componentes de un sistema solar fotovoltaico?*
Obtenido de Alusín Solar: <https://alusinsolar.com/cuales-son-los-componentes-de-un-sistema-solar-fotovoltaico/>
- Argañarás, E., & Humana, T. (2022). *Introducción a las energías renovables*.
Obtenido de Universidad Nacional de Catamarca: <https://exactas.unca.edu.ar/ingres/2022/2022-0301.pdf>
- AutoSolar (2022). *Paneles solares*. Obtenido de <https://autosolar.es/paneles-solares>
- AutoSolar Perú (s.f.). *Cable fotovoltaico: Qué es, ventajas, recomendaciones*.
Obtenido de https://autosolar.pe/aspectos-tecnicos/cable-fotovoltaico-que-es-ventajas-recomendaciones?srsIid=AfmBOoqEundqvt9RwVpKa-yF5tVnIYTDPyruCq3YHa-6_ykiNBQjJCue
- AutoSolar (s.f.c). *¿Que tipo de protecciones se recomineda en un sistema solar?*
Obtenido de <https://autosolar.co/aspectos-tecnicos/que-tipo-de-protecciones-se-recomienda-en-un-sistema-solar?srsIid=AfmBOoph1yK7oW3Zagm9E49wvsJBV99rEp3tL7LsvdsEo4FPmakj6V53>
- Báez, F. (2023). *Ingeniería de prefactibilidad técnico-económica de una planta de reciclaje de paneles solares*. [Tesis de grado, Universidad de Chile]. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/196206>
- Borja, J. (2023). *Diseño de planta energética con recursos fotovoltaicos para el área administrativa, alumbrado de área social y aireadores de agua de la Urbanización El Rio*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de

Guayaquil]. Repositorio Digital UCSG. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/21657/1/T-UCSG-PRE-TEC-IELE-12.pdf>

Carbonell, M. (30 de enero de 2024). *Pararrayos para instalaciones fotovoltaicas*. Obtenido de Hogarsense: <https://www.hogarsense.es/placas-solares/pararrayos>

Castillo, M. (2020). *Diseño de un sistema fotovoltaico para la finca Macondo ubicada en el cantón Daule, Provincia del Guayas*. [Tesis de grado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil]. Repositorio Digital UCSG . Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14295/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-242.pdf>

CGREG (2023). *Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos*. . Obtenido de La institución.: <https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/la-institucion/>

Chiluiza, V. (2022). *Implementación de un sistema fotovoltaico para abastecer de energía a un sector rural del golfo de Guayaquil mediante el análisis de carga y simulación por software*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22506/1/UPS-GT003712.pdf>

Cornejo, F. (2021). *Energía mareomotriz generada a partir del control de inundaciones con presas inflables en Guayaquil*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio Digital UCSG. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/17432/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-405.pdf>

GIZ. (s.f.). *Climate protection through the use of renewable energies on the Galapagos Islands, with special focus on power generation using jatropa oil (ENERGAL)*. Obtenido de <https://www.giz.de/en/worldwide/12701.html>

Grijalva, C., & Vélez, F. (2020). *Estudio e Implementación de un Sistema Fotovoltaico Aplicado a Luminarias: Caso de Estudio Unidad Educativa Dr. Francisco Falquez Ampuero*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18646/4/UPS-GT002920.pdf>

Gutiérrez, G. (2024). *Desarrollo de una guía para diseño e implementación de sistemas de puesta a tierra en centrales fotovoltaicas menores a 2,0 MW*. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/25806/1/CD%2014452.pdf>

Improinde S.A.S. (2018). *Baterías solares*. Obtenido de <https://www.improinde.com/baterias>

Ineldec. (2024). *Inversores solares*. Obtenido de <https://ineldec.com/categoria-producto/inversores-solares/>

Lajones, A. (2022). *Dimensionamiento de sistema fotovoltaico aislado en la comunidad Masa 2 considerando factores sociodemográficos*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22818/1/UPS-GT003834.pdf>

Lindao, W. (2020). *Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en casa comunal de cooperativa Los Paracaidistas en la ciudad de Guayaquil*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de

Guayaquil]. Repositorio Digital UCSG. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14365/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-248.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (2023). *Balance Energético Nacional*. Instituto de Investigación Geológico y Energético.

Miranda, L. (2021). *Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación del laboratorio de robótica de la carrera de Ingeniería en Computación y Redes*. [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3395/1/LEONEL%20ALEXANDER%20MIRANDA%20PINCAY.pdf>

MITECO. (s.f.). *El Protocolo de Kioto*. Obtenido de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/protocolo-kioto.html#principales-caracteristicas>

Munizaga, A., & Parrales, A. (2025). *Estudio de factibilidad de un sistema solar fotovoltaico híbrido con autonomía hasta 6 horas para disminuir el consumo eléctrico en horario diurno y respaldar las cargas críticas en una vivienda ubicada en la Urb. El Condado*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio Digital UCSG.

PartnerESI. (9 de 2 de 2023). *PartnerESI*. Obtenido de What is PVsyst?: https://www.partneresi.com/resources/articles/what-is-pvsyst-comprehensive-guide-2023/?utm_source

- Quintanilla, A. (2020). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado para suministrar de energía eléctrica la localidad de Patahuasi - Pampa Cañahuas*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio UCSM. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a474fd13-74a6-471e-b9cf-5d8ba33f3798/content>
- RS. (22 de noviembre de 2024). *Guide to Solar Cables*. Obtenido de <https://uk.rs-online.com/web/content/discovery/ideas-and-advice/guide-to-solar-cables>
- Sacón, M., & Vera, C. (2023). *Sistema solar fotovoltaico aislado para el suministro de energía eléctrica de una vivienda en la comunidad rural Mocochoal, Calceta*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López"]. Repositorio ESPAM. Obtenido de https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2131/1/TIC_IA46D.pdf
- Soriano, K., & Carvajal, F. (2024). *Estudio de un sistema de iluminación utilizando paneles fotovoltaicos en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio Digital UCSG. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/23466/1/UCSG-C432-22992.pdf>
- Taipe, C. (2023). *Análisis de la factibilidad técnico-financiera de la instalación de un sistema mixto termo-solar fotovoltaico para el autoabastecimiento eléctrico y de ACS de un usuario residencial*. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/25002/1/CD%2013795.pdf>

Zambrano, P. (2023). *Estudio de factibilidad para la implementación de un convertidor de energía de olas (WEC) tipo punto absorbedor en la isla Isabela de las*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56963>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Mejía Solórzano, Heidy Milena** con C.C: # **0941449910** autor/a del trabajo de titulación: **Estudio de factibilidad técnico-económico para la repotenciación de la central híbrida térmica/fotovoltaica ISABELA – GALÁPAGOS**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, a los 03 del mes de septiembre del año 2025

f.

HEIDY MILENA MEJÍA SOLÓRZANO

C.C: # 0941449910



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Estudio de factibilidad técnico-económico para la repotenciación de la central híbrida térmica/fotovoltaica Isabela – Galápagos		
AUTOR(ES)	Mejía Solórzano, Heidy Milena		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing.Bohóquez Escobar, Celso Bayardo Ph.D		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	3 de Septiembre de 2024	No. DE PÁGINAS:	74
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistema fotovoltaico foto, Eficiencia energética, paneles solares		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Energía renovable, diésel, PVsyst, sostenibilidad energética, eficiencia, Galápagos		
RESUMEN / ABSTRACT: El siguiente trabajo de investigación analiza la factibilidad técnica y económica de repotenciar la central híbrida térmica/fotovoltaica en la isla Isabela, Galápagos. El objetivo principal es aumentar la participación de energía renovable en la red insular, reduciendo la dependencia del diésel, combustible costoso y muy contaminante. A través de simulaciones en PVsyst cálculos eléctricos y un estudio economico minucioso, se sugiere la instalacion de 850 paneles solares bifaciales monocristalinos, un inversor central de 500W, estructuras de soporte, sistemas de proteccion y sistema puesto a tierra. El trabajo mejora los gastos operativos al reducir el transporte maritimo de combustibles, asegurar mayor estabilidad energetica en la isla isabela y reducir el impacto ambiental en un ecosistema vulnerable y reconocido como patrimonio Natural de la Humanidad.Asimismo, refuerza el paso hacia un modelo de sostenibilidad energetica.la investigacion evidencia que la repotencion es tanto tecnica como economicamente factible, siendo una opcion repocable en otras comunidades aisladas con gran potencia solar.			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593985859745	E-mail: mejiasolorzanomilena@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ricardo Xavier Ubilla González		
	Teléfono: +593999528515		
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			